8 • 2022





АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Индикатор УФ-индекса... и не только

- Измеритель ёмкости конденсаторов
- Рисуем на мониторе
- Гибридный УМЗЧ
- Управляем стеклоочистителем

...и ещё 12 конструкций

8
2022

ISSN-0033-765X
9 770033 765009 22008

ЖУРНАЛ

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140, р/с 40703810538090108833
в ПАО Сбербанк г. Москва, КПП 770801001,
К/с 30101810400000000225, БИК 044525225

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 3000 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 4500 руб.

Стоимость для юридических лиц России — 3600 руб., для юридических лиц из стран зарубежья — 5040 руб.

При оплате физическими лицами подписки через банк ПАО "Сбербанк" (мобильное интернет-приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.

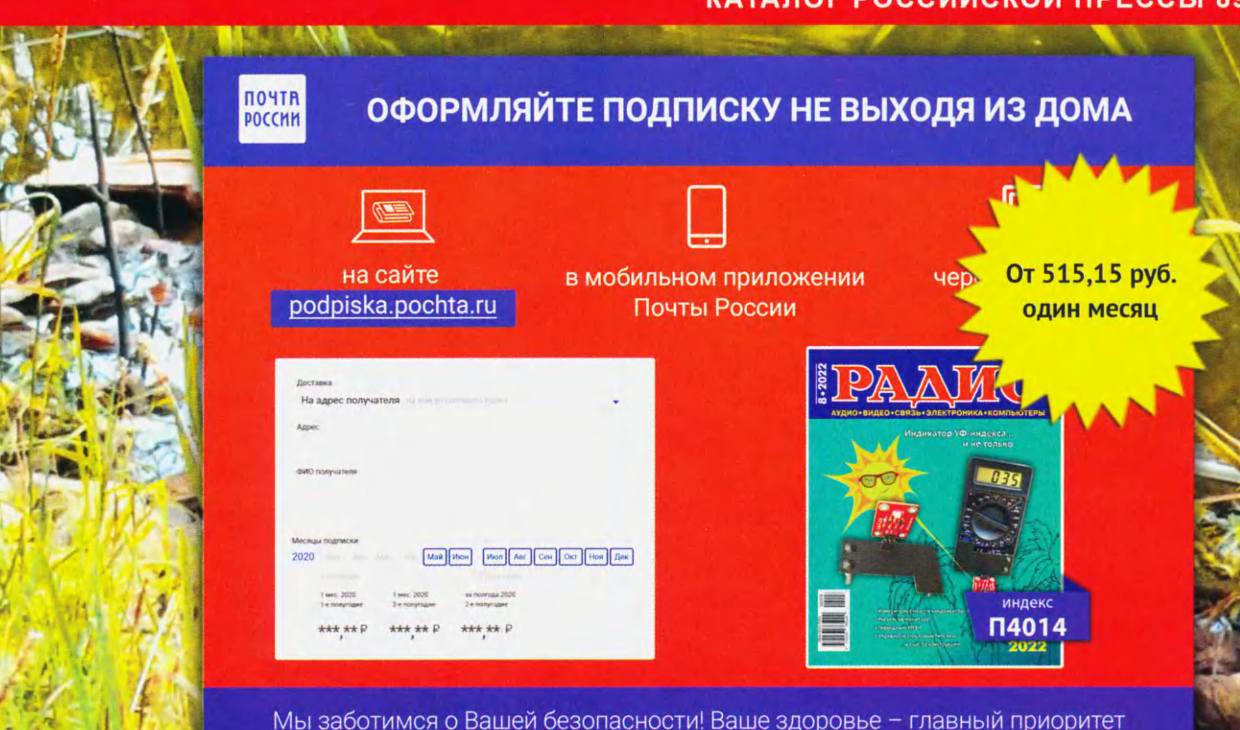
Цена одного номера журнала в 2022 г. (с 1-го по 12-й номер) при покупке в редакции по БЕЗНАЛИЧНОЙ оплате — 430 руб.

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	395 руб.	490 руб.	800 руб.
2022	1—12	430 руб.	530 руб.	840 руб.

При оплате подписки через интернет-сайт "Сбербанк онлайн" (online.sberbank.ru) Вам необходимо выбрать раздел "платежи и переводы", найти нашу организацию в поисковой строке по ИНН 7708187140 и далее заполнить (обязательно!) Ф.И.О., домашний адрес, за какие журналы или период подписки Вы переводите деньги, сумму и совершить платёж.

Журналы высылаются после поступления денег на расчётный счёт. Узнать о зачислении оплаты Вы можете, позвонив по телефону +7 (495) 607-87-39 или написав письмо на fin@radio.ru. При возникновении проблемы с доставкой журнала "Радио" из редакции пишите на sale@radio.ru. НАЛОЖЕННЫМ ПЛАТЕЖОМ РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛЫ НЕ ВЫСЫЛАЕТ!

Подписные индексы журнала в каталогах: Официальный каталог Почты России П4014; КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032



ПОДПИСКА

на электронную копию журнала "Радио" с доставкой по электронной почте

Электронная копия журнала "Радио" представляет собой копию бумажного журнала "Радио" в виде файла с расширением pdf. Объём файла может достигать 20 мб. На персональных компьютерах журнал можно просмотреть с помощью Adobe Acrobat reader. При необходимости можно распечатать статьи на принтере. На планшетах с операционными системами IOS и Android для просмотра можно использовать встроенные программы просмотра pdf-файлов.

Услуга распространяется только на физических лиц.

На сайте https://el.radio.ru Вы можете узнать, как подписаться и скачать бесплатный журнал № 7 за 2011 год.



Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2023 год, а также 2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012 на 12 месяцев (1 год) стоит 900 рублей.

При оплате подписки через банк ПАО "Сбербанк" (мобильное интернет-приложение "Сбербанк", через интернет-сайт "Сбербанк онлайн", терминалы самообслуживания банка "Сбербанк", оператора отделения банка "Сбербанк") комиссия за платёж не берётся. Если Вы оплачиваете подписку через сторонние банки, стоимость подписки может увеличиться на размер комиссии банка, которую он берёт за услугу перевода денег.

При оплате подписки через интернет-сайт "Сбербанк онлайн" (online.sberbank.ru) Вам понадобится выбрать раздел "платежи и переводы", найти организацию в поисковой строке по ИНН 7708187140 и далее заполнить (обязательно!) Ф.И.О. подписчика, период подписки, сумму 900 руб. и совершить платеж. В случае оплаты через мобильное приложение по QR-коду поля Ф.И.О., период подписки и сумма заполняются автоматически. Вам всего лишь необходимо проверить правильность заполнения этих полей и совершить платёж.

Как только оплата поступит на наш расчётный счёт (как правило, 1—3 рабочих дня), Вам будет выслано уведомление на адрес эл. почты о том, что деньги за подписку поступили. Журналы высылаются после поступления денег на расчётный счёт. Узнать о зачислении оплаты Вы можете, позвонив по телефону +7 (495) 607-87-39 или написав письмо на fin@radio.ru. При возникновении проблемы с доставкой эл. копии журнала "Радио" пишите на zakaz@radio.ru.

http://el.radio.ru

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Индикатор УФ-индекса ... и не только (см. статью на с. 55).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

ДРАЙВЕР ДЛЯ УМЗЧ
КВ-РАДИОПРИЁМНИК
АКУСТИЧЕСКИЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ
РЕГУЛЯТОР ДЛЯ СВЕРЛИЛЬНОГО СТАНКА

Тираж журнала «Радио» № 7 сдан для рассылки подписчикам 07.07.2022 г.



8•2022
МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication 12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030
Главный редактор В. К. ЧУДНОВ
Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ, О. А. РАЗИН
Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА
Адрес редакции: 107045, Москва, Селивёрстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-77-28; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39
Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 25.07.2022 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.
Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 02225-22.

Встречаем очередных "хозяев жизни"?

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

> *"Каждый, подобно луне, имеет свою тёмную сторону, которую не показывает никому".*
>
> **(Марк Твен)**

Казалось бы, есть на нашей планете люди, которые сумели подгрести под себя такие информационные ценности, что остальным обитателям планеты осталось лишь подчиниться и вести свою повседневную жизнь в поисках хлеба и зрелищ, не переставая генерировать данные. Собственно, эти замечательные люди появились сравнительно давно, но лишь в последнее время всем остальным обитателям нашей планеты пришло осознание того, что на планете происходит что-то не то.

Причиной этого являются так называемые Big Tech — крупнейшие технологические компании, прежде всего, из группы информационных технологий (ИТ), которые, начав когда-то с какого-то сегмента ИТ-рынка, сегодня занялись созданием собственных экосистем (этот термин пришёл в ИТ из биологии) или, иначе говоря, всем, чего пожелает душа в наступившую цифровую эпоху. К этим компаниям, прежде всего, относятся Amazon, Apple, Microsoft, Google, Alibaba, Meta (Facebook — та самая, что заблокирована Роскомнадзором), Tencent и другие, чуть "менее огромные". Все они обладают тремя важнейшими активами:

— всевозможные данные и ещё раз данные;
— умение качественно анализировать эти данные;
— наличие денег и талантов, обеспечивающих большой денежный поток.

Современные технологические компании объединяет одно — их изначальный бизнес связан с куплей-продажей B2C (Business-to-Customer или бизнес — индивидуальному потребителю) товаров и услуг. Будь то электронная коммерция, телекоммуникации или поиск и реклама. Поэтому ни у кого на рынке такого объёма и типа данных нет. Нет и серьёзных конкурентов, потому что любой интересный стартап они могут скупить на корню. Сегодня они замахиваются даже на финансовый рынок, нервируя крупнейшие банки.

Благодаря своим глубоким карманам Big Tech могут проглотить или подавить любую новую фирму, которая прямо или косвенно угрожает ключевым прибыльным направлениям. Безусловно, бесстрашный молодой предприниматель всё ещё может отказаться от выкупа, но это легче сказать, чем сделать. Сегодня не так много отважных людей, готовых, к примеру, отказаться от миллиарда долларов в надежде на гораздо большее в будущем. К тому же существует риск того, что технологические гиганты будут использовать свои обширные армии программистов для разработки практически идентичного продукта и свои обширные юридические ресурсы для его защиты. В общем, на планете появились очередные "хозяева жизни", оттеснив финансистов, ВПК и не связанных с ними политиков.

Журналисты Wall Street Journal проанализировали рыночные взаимоотношения пяти крупнейших ИТ-компаний: Facebook, Apple, Amazon, Microsoft и Google. В реальности эти компании придерживаются смешанной модели сотрудничества и конкуренции. И это взаимодействие развивается, поскольку они всё больше вторгаются в сферу

интересов друг друга. При этом ИТ-гиганты продолжают работать вместе по разным направлениям, начиная с разработки программного обеспечения и до защиты интересов отрасли.

В частности, Amazon Web Services остаётся крупнейшим игроком в области облачных вычислений, однако Microsoft и Google пытаются заполучить долю рынка конкурента. При этом Facebook и Apple не предоставляют подобные услуги, а последняя даже размещает некоторые данные из iCloud на AWS и Google Cloud.

Что касается рынка онлайн-рекламы, то Google и Facebook/Meta играют на нём доминирующую роль, однако Amazon, Microsoft и Apple пытаются "отыграть" свой кусок пирога. К примеру, Amazon закупает рекламу у поисковика Google, что делает конкурента источником web-трафика для продавцов площадки. У Facebook/Meta и Google есть неофициальные соглашения об онлайн-рекламе. Ну, а негласный договор между Google и Apple не так давно стал предметом расследования в США. Выяснилось, что поисковик Google по умолчанию использовали в iPhone и других устройствах. Генпрокуроры 48 американских штатов считают, что Google использовала своё влияние на рынке, чтобы контролировать цены на онлайн-рекламу, а также заключила сделку с Facebook в 2015 г., чтобы получить доступ к сообщениям и файлам WhatsApp. И Google, и Facebook/Meta в ответ заявляли, что такие отраслевые партнёрства — обычное явление. Apple вообще никак не высказывалась о своём рекламном партнёрстве с Google.

В части агрегирования новостей интернет-платформы видят в этом способ привлечь пользователей. И Big Tech пользуется этим, чтобы заработать на издателях либо продвинуть себя на рынке. Google и Facebook/Meta хотят обязать издателей новостей платить за распространение контента. Microsoft вступила в противостояние с Google, первая утверждает, что в её поисковике Bing новости останутся бесплатными и издателям не придётся платить за трафик. Facebook/Meta и Google, чтобы урегулировать конфликты с правительствами разных стран, запустили кампании по поощрению издателей, но не всех. Apple уже предоставляет в рамках своей службы Apple News+ платную подписку на новости.

Все пять указанных выше компаний вложили миллиарды долларов в индустрию видеоигр, от релизов и до разработки оборудования и аксессуаров. У каждой из них есть собственный бесплатный сервис либо платформа с системой подписок. Apple, которой принадлежит игровой сервис Arcade, ввела ограничения на другие облачные игровые сервисы в App Store. Так компания пытается конкурировать с Facebook/Meta, Microsoft и Google. ИТ-гиганты также используют каналы конкурентов для большего охвата потребителей. В игры Google Stadia можно играть на телевизоре Amazon Fire, а цифровой контроллер для Amazon Luna можно загрузить из Google Play.

Facebook/Meta владеет крупнейшими соцсетями в мире, но рост влияния электронной коммерции и стриминга несколько изменил расстановку сил. Принадлежащий Google сервис YouTube запустил сервис Gaming, чтобы отвоевать у амазоновского Twitch часть рынка стриминга. Однако обе компании выигрывают от того, что обоюдно рекламируют приложения конкурента. LinkedIn от Microsoft пытается конкурировать с другими соцсетями. Очередной виток этой борьбы можно наблюдать в попытках разработать свой аналог Clubhouse. Последнюю, кстати, выпустила Apple.

Apple и Google управляют крупнейшими магазинами мобильных приложений и при этом распространяют собственные приложения на площадке конкурента. Facebook/Meta и Microsoft, которые управляют магазинами приложений для устройств с Windows и консолей Xbox, неоднократно вступали в спор с Apple по поводу правил App Store.

Наиболее жёсткая конкуренция наблюдается между Google и Microsoft в сегменте пакетов корпоративного программного обеспечения, где имеется много соперничающих продуктов, включая электронную почту, календари и текстовые документы. Однако все представленные выше компании предлагают свои корпоративные сервисы и приложения.

В части мессенджеров указанные компании предлагают конкурирующие сервисы обмена сообщениями как для обычных потребителей, так и для предприятий, хотя и распространяют их на платформах конкурентов. Глава Facebook/Meta Марк Цукерберг открыто называл Apple конкурентом WhatsApp и Messenger в области обмена сообщениями и растущей угрозой в других сферах.

Тем временем Microsoft и Google входят в число компаний, которые начали стирать границы между планшетами и ноутбуками. В свою очередь, Amazon не производит ноутбуки, хотя и продаёт их на своей платформе, а её планшет Fire конкурирует с продуктами Apple, Microsoft и Google, полагаясь при этом на версию операционной системы Android от Google.

"Умные" колонки помогли внедрить технологию цифрового помощника на миллионы устройств по всему миру. Apple ("умная" колонка HomePod), Amazon (Alexa) и Google (Google Home) ведут жёсткую конкуренцию на этом рынке. Portal от Facebook также конкурирует с устройствами в этой категории, однако оснащена голосовым помощником Amazon Alexa и продаётся на платформе Amazon.

Поглощение Google крупного производителя фитнес-трекеров Fitbit привело корпорацию к конкуренции в этой сфере с Apple. Последняя занимает значительную долю рынка со своим продуктом Halo. Одновременно Google сотрудничает с Amazon, которая продаёт продукты Fitbit на своей платформе. Приложение для трекеров доступно в магазине приложений Amazon, а Alexa интегрирована в некоторые устройства Fitbit. Facebook пока только заявила, что работает над разработкой носимого устройства, которое в конечном итоге могло бы синхронизироваться с разрабатываемыми компанией "умными" очками.

И в заключение, все пять компаний производят программное обеспечение для смартфонов, но только три из них выпускают сами устройства. Apple со своим iPhone считается долгожителем рынка. Google выпускает Google Pixel. Amazon больше не работает над смартфонами после провала Fire, но продаёт на своей площадке Google Pixel и iPhone. Microsoft вышла из этого бизнеса несколько лет назад, но в 2020 г. вернулась со своим смартфоном-планшетом Surface Duo.

Собственно, выше приведены те рыночные сегменты, которые уже освоены группой Big Tech. Однако сегодня их бизнес-экосистемы описывают как динамичные и постоянно развивающиеся сообщества. Иными словами, через экосистемы Big Tech начинают присутствовать повсюду. Основная отличительная черта Big Tech — желание одновременно присутствовать абсолютно на всех рынках, причём это желание подкреплено реальными финансовыми возможностями и стремительным развитием технологий, в первую очередь цифровых.

Google, Amazon, Facebook/Meta, Apple часто ещё именуют "Бандой из четырёх", стоящей за потребительской революцией в Интернете. Потому что они избегают налогов, вторгаются в частную жизнь и разрушают рабочие места. Собственно, это то, что полезно знать о деятельности Big Tech помимо распиаренной цифровизации, цифровой трансформации, развития удалёнки и т. п. И всё это несмотря на наличие государственных регуляторов, призванных контролировать сбор налогов, неприкосновенность частной жизни и создание рабочих мест.

В середине 80-х годов прошлого века Билл Гейтс заявил, что скорости 600 кбит/с вполне хватит каждому человеку на всю жизнь, над чем до сих пор шутят современные потребители Гбит/с. В 1994 г. Билл Гейтс написал в своей статье для Newsweek знаменитую фразу: "Банки — это динозавры. Мы легко их обойдём". И над этим уже не смеются. С тех пор "банда" Big Tech начала предоставлять финансовые инструменты и уж точно обходит "динозавров" в гибкости и оперативности. Шутки кончились, финансовый рынок является сегодня одним из приоритетных направлений для ИТ-гигантов. Как минимум это дополнительный способ монетизировать их аудиторию. К тому же смартфон как устройство доступа к финансовым инструментам, уже находится у каждого имеющего хоть какие-то деньги в кармане, а к нему сегодня уже добавились так называемые метавселенные с виртуальной реальностью всего, что можно отнести к "искусству возможного".

Кстати, на самом деле банки представляют собой достаточно хрупкую и довольно неповоротливую структуру, которая может рухнуть просто под набегом вкладчиков. Они регулируются





государством, что, однако, стоит денег, снижает гибкость и сокращает возможные темпы роста. Банки обрастают огромным числом различных программных продуктов, зачастую не своих или написанных на "мёртвых" языках программирования, чем очень сложно и дорого управлять. Наконец, банки — это неповоротливые забюрократизированные организации, где решения принимаются тяжело, и под запросы клиентов подстраиваться им сложно. У Big Tech таких проблем просто нет. Да, регуляторы тоже пытаются как-то воздействовать на Big Tech, но у последних довольно много разных сфер деятельности, что позволяет им распределить риски и действовать по схеме: их в дверь — они в окно. Вы что-то им запретили? Они вас перетерпят и придумают что-нибудь другое.

Интересно, если всё на свете будет предоставлять "банда" Big Tech, она постепенно и закономерно заменит собой государство, оставив последнему лишь физические тела граждан. Все важнейшие вопросы люди будут также решать в экосистемах и метавселенных без участия государства, о чём уже говорилось на страницах журнала. Впрочем, сегодня банки готовы отвечать натиску Big Tech собственными экосистемами, и в целом уже весь мир в той или иной степени ополчился на группировку Big Tech. Есть надежда, что пока ещё последние не стали настолько крупными, богатыми и мощными, чтобы с ними уже не могли справиться регулирующие органы и политики. Между тем международное инвестиционное сообщество продолжает инвестировать в Big Tech миллиарды, котировки их акций высоки, однако, как предупреждают специалисты, наличие хороших новостей для технологических олигархов отнюдь не означает, что это хорошо для экономики и для инновационной деятельности вообще. Ведь Big Tech стали настолько доминирующими, настолько прибыльными и настолько всеохватывающими, что каким-нибудь стартапам стало очень сложно бросать им вызов, что, в принципе, затрудняет инновационную деятельность. Компании Big Tech могли бы утверждать, что весь капитал, который они вливают в новые продукты и услуги, продвигает инновации. Однако можно предположить, что целью является пресечение потенциальной конкуренции в зародыше.

Обеспокоенность деятельностью и потенциальными возможностями Big Tech вполне обоснована и распространяется как на Америку, так и на Европу. К примеру, Big Tech сильно выиграли во время пандемии, причём настолько, что даже появились конспирологические версии, что, мол, пандемия — это их рук дело. Массовый переход на удалёнку ускорил рост онлайн-сервисов, а также увеличил спрос на технику как для работы, так и для отдыха. Без видеосвязи невозможно было провести ни совещание, ни урок, ни переговоры, а почти все развлечения сосредоточились в соцсетях и стриминговых сервисах.

Став незаменимыми, Big Tech-компании логично попали под пристальное внимание регуляторов по всему миру. Главы Apple, Google и Facebook/Meta стали ходить на допросы в Конгресс США, как на работу, и заодно получать регулярные удары со стороны ЕС. В частности, прокуроры 50 штатов США подали антимонопольные иски, большая часть из которых направлена против Facebook/Meta и Google. Каждую из компаний — Apple, Google, Facebook/Meta и Amazon — обвинили в антиконкурентных практиках. Google досталось за "систематическое ранжирование собственного контента выше сторонних поисковых запросов", к Apple возникли претензии за контроль над дистрибуцией iOS-приложений, Facebook/Meta — за "монопольную власть на рынке соцсетей" и агрессивные поглощения, а Amazon — за доминирование на рынке электронной коммерции. Вопросы у Конгресса возникли не только к поисковику Google, но ещё и к Chrome — самому популярному браузеру в мире. Мол, компания выстроила массивный рекламный бизнес, который генерирует 160 млрд долл. в годовом исчислении, а это уже 30 % всей рекламной выручки США.

Власти ЕС хотят заставить Google и Facebook/Meta делиться данными о пользователях с конкурентами. В целом, сложившаяся ситуация с Big Tech является крупнейшим актом антимонопольного давления со времён нападок на Microsoft в 90-х и 2000-х годах. За последнее время многие ИТ-компании из группы Big Tech получили самые значительные судебные иски за последние 20 лет.

Проблема для регулирующих органов заключается в том, что стандартные антимонопольные рамки не применяются в мире, где затраты для потребителей (в основном в форме персональных данных и конфиденциальности) совершенно непрозрачны. Необходимо ослабить хватку Big Tech за наши персональные данные, что позволяет Google и Facebook/Meta разрабатывать целевые рекламные инструменты, которые берут верх над маркетинговым бизнесом. Новое положение по общей защите данных ЕС требует, чтобы организации давали разрешения потребителям (пусть даже только находящимся в ЕС) передавать свои данные.

Экономисты Глен Вейль и Эрик Познер в своей недавно вышедшей книге Radical Markets утверждают, что Big Tech должны будут платить за ваши данные вместо того, чтобы требовать их для собственного использования. В то время как практичность этого действа ещё предстоит выяснить, безусловно, индивидуальные потребители должны иметь право знать, каким образом ведётся сбор их данных и как они используются (на их защиту направлены, в частности, последние шаги в нашей стране). Честно говоря, с этим трудно не согласиться. Данные на то и персональные, потому как наши собственные. Хотите торговать нашим имуществом — платите. Хотите заработать, пуская к нам рекламу, которую мы не заказывали, — платите. Или это уже не право частной собственности? Это другое?

Обеспокоенность американцев в порождённом в США "бедствии" начинает выражаться в требованиях, чтобы Конгресс США и регулирующие органы обуздали Big Tech во многих ключевых областях. Например, Конгресс предоставляет интернет-компаниям свободу действий в обнародовании всевозможных фейковых новостей. Вот вам "Империя Лжи". Если Big Tech платформы не будут придерживаться таких же стандартов, которые распространяются на печать, радио и телевидение, то "враньё без границ" захватит всё информационное пространство, что нетрудно наблюдать на освещении событий вокруг Украины или Югославии.

В докладе фонда "Наследие" (The Heritage Foundation — мозгового центра американских консерваторов) "Борьба с тоталитаризмом больших технологий: дорожная карта" (Combating Big Tech's Totalitarianism: A Road Map), выпущенного в феврале 2022 г., сказано, что "банда" Big Tech во главе с Facebook/Meta вступила в симбиоз с администрацией Белого дома ради "тоталитарного господства над американцами". То есть именно американцы обеспокоились американскими же технологическими достижениями. Кстати, автором доклада является ярый консерватор, научный сотрудник Центра технологической политики фонда Кара Фредерик — бывший руководитель региональной разведывательной группы (Regional Intelligence Team) Facebook/Meta, который специализируется как раз на Big Tech и сетевой цензуре. В докладе она сигнализирует о наступлении на конституционные права американцев и призывает их противостоять "китаизации" США. Китайская система социального кредита (Social Credit System — SCS), уже известная читателям журнала, — это эксперимент тотального электронного контроля за населением. Благодаря SCS можно получать в режиме онлайн полную картину жизни в Поднебесной, вплоть до местонахождения, поведения, транзакций, предпочтений, проступков и всего прочего отдельной личности с присвоением последней рейтинга "социального доверия". Обладатели высокого рейтинга получают социальные и экономические льготы, обладатели низкого рейтинга подвергаются ограничениям.

Ключевые выводы доклада Кары Фредерик:

— растущий симбиоз между Big Tech и правительством даёт этим компаниям чрезмерное влияние на повседневную жизнь американцев и подрывает их права;

— Big Tech всё чаще осуществляет повсеместный контроль над информацией и доступом к цифровому пространству, таким образом подрывает свободу и функционирующую республику;

— настало время для агрессивных реформ, чтобы гарантировать, что Big Tech будет привлечён к ответственности, обеспечит контроль и надзор и ограничит его способность изменить общество.

К примеру, чересчур расширительное толкование термина "дезинформация", который политики из Вашингтона то и дело находят в сетевых спорах о коронавирусе или школьных программах, очень скоро заткнёт рот любому инакомыслящему. Его будут преследовать как экстремиста и террориста — с подключением всего силового аппарата США. Конечная цель опасной смычки американских соцсетей и правительства — установление худшего вида диктатуры с повсеместной цензурой и самоцензурой, мыслепреступлениями (прямо как в романе Дж. Оруэлла "1984") и промывкой мозгов, цифровой слежкой и навязыванием единственно верной точки зрения.

Чаще всего Big Tech действует по собственному почину, хотя бы в силу радикально левых взглядов своих топ-менеджеров. Технологические корпорации вообще активно вставляют себя между пользователем и контентом всё более идеологическими способами. Разумеется, в ряде случаев интернет-компании получают прямые распоряжения от власти.

В докладе The Heritage Foundation говорится, что дело принимает совсем дурной оборот. Механизмы Big Tech используются, в частности, для расследования финансирования экстремистов, под которыми понимаются не какие-то неонацисты или джихадисты, а те, кто исповедует исламофобию и антииммигрантские идеи. Борьба с фейками и с дезинформацией, которой можно объявить что угодно, давно вышла за рамки интернет-форумов. Amazon регулярно удаляет со своей платформы консервативные книги и фильмы, поставщики цифровых платежей блокируют переводы на неполиткорректные цели, а провайдеры отключают частных лиц и целые организации за "неправильные" политические взгляды. Ну, а чем занимается продукт Google YouTube, хорошо известно в нашей стране.

Расследуя тысячи случаев "внутреннего экстремизма", ФБР пришло к выводу, что он угрожает США не меньше, чем известные источники терроризма. Для подобной инфляции терминологии, как отмечается в докладе Кары Фредерик, нет никакого оправдания. Как только спецслужбы США, да и любой другой страны, получают любую из меток экстремизм, они обязаны задействовать против такого рода преступников весь комплекс силовых мер, в том числе и в Интернете. В итоге инструментарий, изначально созданный для законных целей, превращается в оружие против собственных инакомыслящих граждан. В январе 2022 г. в Минюсте США было создано новое подразделение для борьбы с внутренним терроризмом.

Наднациональная деятельность Big Tech имеет "длинные руки". А их доступ к каждому индивидууму в скором времени может привести к тому, что любой неполиткорректный пост, опубликованный в американской соцсети про вакцинацию, протесты BLM, секс-меньшинства, белую расу или украинский бизнес Байдена-младшего, может быть стёрт за "дезинформацию" или "враждебные высказывания", а также приравнен к экстремизму или терроризму. Если повезёт, вам заблокируют ваши банковские карты, если нет — выкрадут с мешком на голове из какой-нибудь туристической страны. В общем, всякий раз находясь за границей, на всякий случай чаще смотрите по сторонам.

Доклад The Heritage Foundation говорит о том, что регулирующим органам и политикам, особенно на родине Big Tech, пора проснуться. Процветание США всегда зависело, в частности, от их способности использовать экономический рост для инноваций, основанных на технологиях. Но сейчас, как отмечают зарубежные специалисты, захватывающий планету Big Tech является такой же неотъемлемой частью проблемы, как и частью её решения. Что касается РФ, то в ней тоже появляются свои экосистемы от Сбера или от Яндекса, развитие которых вместе с сопутствующими процессами может повлиять на развитие страны, и это потребует соответствующего внимания от соответствующих регуляторов.

По материалам ***russtrat.ru/analytics, inosmi.ru, heritage.org, hightech.plus, igis.ru, trends.rbc.ru, internetboss.ru***

Мобильная связь стандарта GSM

В. СЕРОПЕГИН, канд. техн. наук, г. Королёв Московской обл.

"Для меня эта ночь вне закона.
Я пишу — по ночам больше тем.
Я хватаюсь за диск телефона,
Набираю вечное ноль семь".

(Владимир Высоцкий)

Сегодня трудно представить своё существование без постоянного спутника — смартфона. Более того, приходится каждые несколько лет менять его на более совершенный...

Мы уже не задумываемся о сложности гаджета. Мы об этом и не думаем в силу надёжности и доступности связи. Смартфон позволил не только общаться, но и иметь доступ к Интернету, телевидению, обмену сообщениями, снимать видео и фотографировать. Число услуг постоянно растёт.

Услуги мобильной связи стали доступны с широким наступлением "цифровой эры" — с внедрением цифровой обработки сигналов в радиотехнике!

Предыдущий этап развития — аналоговая связь нам запомнилась усилиями специалистов стран мира по оснащению подвижной связи общедоступным пучком каналов. Однако эти методы организации связи, конечно, не удовлетворили наших потребностей. Дальнейшее развитие телекоммуникаций привело к построению сетей по сотовому принципу. Эта система использует большое число маломощных передатчиков, которые обслуживают сравнительно небольшую территорию. Однако умножая число таких зон, добиваются охвата связью обширных территорий, включая континенты.

Сотовая сеть состоялась как следствие бурного развития радиотехники и вычислительной техники. Рассмотрим основные принципы сотовой связи стандарта GSM (глобальная система мобильной связи).

Построение сотовой сети

Итак, решая задачу организации прозрачной для множества абонентов сети связи большого города, вместо использования единственного передатчика для обслуживания территории город можно разбить на множество небольших зон покрытия, называемых сотами. При этом все имеющиеся в распоряжении частотные каналы могут повторно использоваться в каждой ячейке сотовой структуры. Тогда набор частот (повторяющихся в сотах) уменьшается.

При этом из-за недопустимо большого уровня взаимных помех, которые, естественно, возникнут, ячейки с одинаковым набором частот перемежают буферными ячейками с другими наборами частот. Группа ячеек в зоне обслуживания с различными наборами частот называется **кластером**.

Если для обслуживания абонентов в одной ячейке требуется набор из десяти частот, то для создания сотовой структуры с размерностью кластера N=7, обслуживающей сколь угодно

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

большую территорию, будет необходимо иметь набор всего из 70 частот.

Организуют соты так. Обычно развёртывание сети начинается с небольшого числа крупных ячеек, которые постепенно трансформируются в большее число более мелких ячеек (т. н. "расщепление") с уменьшением мощности передатчиков. Это позволяет увеличить пропускную способность (число абонентов) на данной территории.

Уменьшение радиуса ячейки позволяет увеличить абонентскую ёмкость системы за счёт эффективного использования выделенной полосы частот. Уменьшенная мощность передатчиков, в свою очередь, улучшает условия электромагнитной совместимости средств связи. Одновременно для снижения уровня помех могут быть использованы секторные антенны с узкими диаграммами направленности. В секторе направленной антенны сигнал излучается преимущественно в одну сторону. Это позволяет чаще повторно применять частоты сигналов. На этом основано применение кластеров с N=9. В этом случае используются антенны с углом диаграммы направленности 120°. На **рис. 1** показана конфигурация антенн с диаграммами направленности 120°, позволяющими увеличить кластер до девяти в соответствии с **рис. 2**.

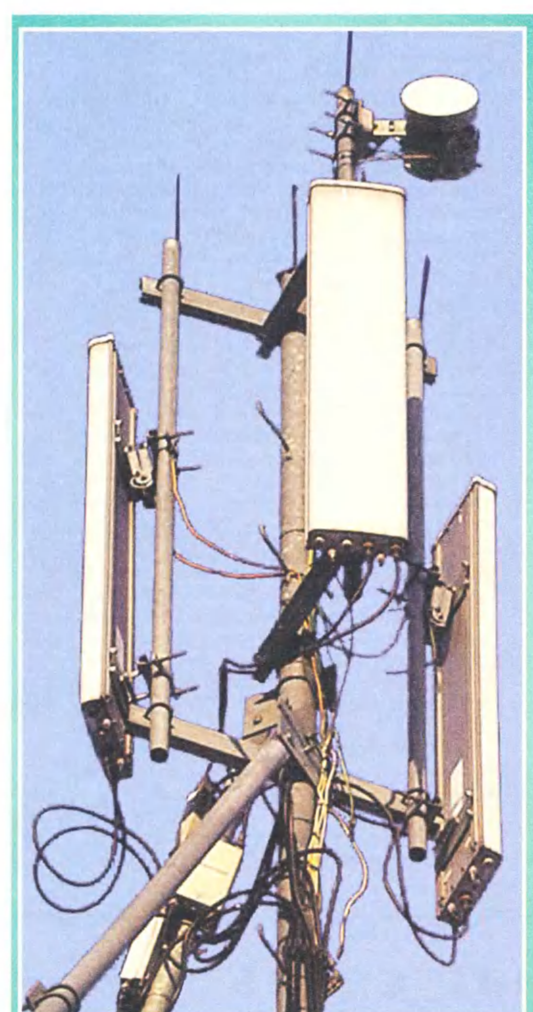


Рис. 1

Кроме перечисленного, необходимо поддержание связи при переходе мобильного абонента из ячейки в ячейку. Само использование сравнительно небольших ячеек создаёт проблему поддержания непрерывности связи при движении с большой скоростью по произвольному маршруту. Автомобиль в течение одного сеанса связи может проехать через несколько ячеек. В этом случае непрерывность связи обеспечивается способностью системы автоматически передавать связь с автомобилем тем базовым станциям, в зоне действия которых он оказывается в данный момент. Благодаря непрерывным измерениям уровня сигналов, поступающих в центр коммутации от ближайших к автомобилю базовых станций, система может определить момент пересечения зоны и переключить разговорный канал из первой ячейки во вторую без прерывания сеанса связи. Такая процедура получила название эстафетной передачи (хэндовер) и обеспечивается программно-аппаратными средствами сети.

Итак, **три основных кита** — понятия, на которых держатся сети подвижной связи:

- Первый — это сотовый принцип построения сети связи с расширенной абонентской ёмкостью;
- Второй — обеспечение прозрачности сети, т. е. передвижение абонента из одной соты в другую без нарушения связи (эстафетная передача);
- Третий принцип — роуминг — обеспечение мобильной связи при пересечении границ обслуживания разных операторов, включая иностранных.

Сотовая связь стала возможной при использовании достижений современной радиотехники и микросхемотехники.

Казалось бы, метод организации сети найден. Однако встают проблемы, связанные с распространением радиоволн в городе, борьбой за увеличение абонентской ёмкости сети, надёжностью связи и др.

Всё это выливается в борьбу с помехами радиотехническими методами.

Борьба с помехами

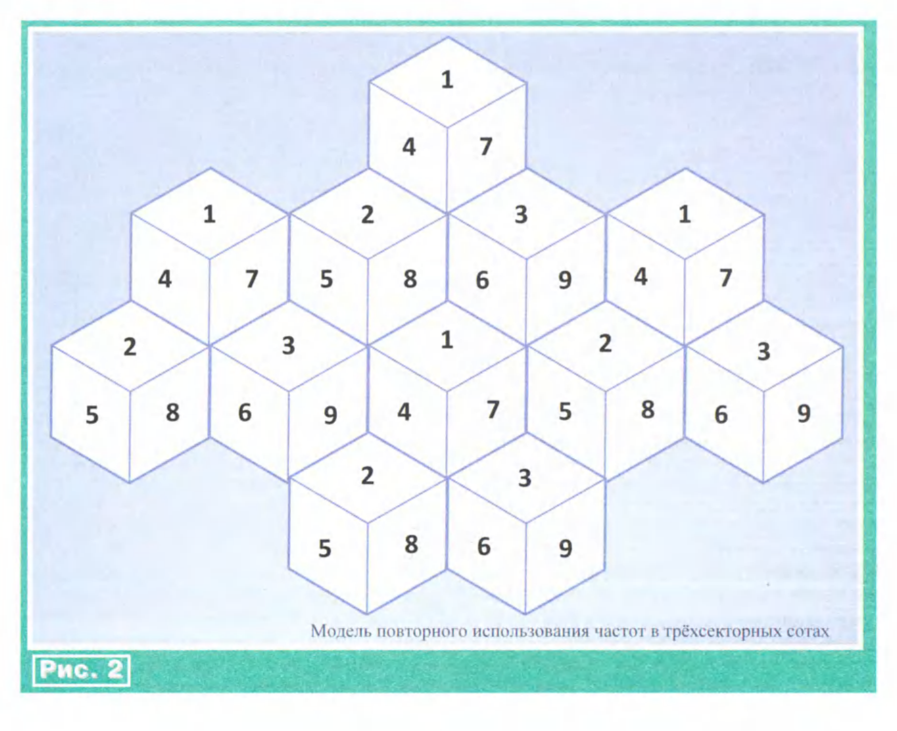
Разработчики новых методов телекоммуникаций при решении вопросов прозрачности и доступности связи столкнулись с проблемой противодействия многочисленным помехам радиоприёму.

При сотовой связи уровень взаимных помех зависит не от собственного расстояния между ячейками, а от отношения расстояния между ячейками к их радиусу. Радиус ячейки зависит от мощности передатчика.

В сотовой системе связи решаются задачи борьбы с помехами по соседнему каналу, многолучёвостью, переотражением радиоволн, замираниями и другими факторами.

Какие помехи мешают приёму?

Во время движения объекта наблюдаются быстрые флуктуации параметров сигнала, вызванные многолучёвостью его распространения. Начальная фаза сигнала в точке приёма определяется изменением местоположения объекта, а при его движении — является функцией вре-



Модель повторного использования частот в трёхсекторных сотах

Рис. 2

мени. Также при движении объекта из-за допплеровского эффекта наблюдается случайная частотная модуляция. Поэтому канал передачи является частотно-селективным. Кроме того, случайные задержки приходящих в точку приёма копий сигнала, переотражённых от предметов и зданий, приводят к возникновению временной селективности канала передачи, что вызывает флуктуации амплитуды суммарного сигнала в точке приёма.

Глубокие замирания амплитуды вызывают скачки фазы сигнала и соответствующие им всплески случайной частоты, являющейся производной от случайной фазы.

Таким образом, многолучёвость приводит к флуктуациям фазы сигнала в точке приёма, связанным с нею глубоким замираниям амплитуды сигнала и случайной частотной модуляции, обусловливающей неустранимую ошибку при использовании угловой модуляции.

Итак, характерная особенность канала передачи при движении абонентского терминала, например в автомобиле, — наличие быстрых флуктуаций параметров сигналов, вызванных многолучёвостью распространения.

В то же время наблюдаются медленные флуктуации, определяемые степенью затенения трассы распространения сигнала.

При движении терминала изменяется его удаление от базовой станции, что приводит к очень медленному изменению среднего уровня сигнала в точке приёма.

В итоге, в рассматриваемом канале передачи флуктуации амплитуды сигнала содержат три компонента:

• Быструю, определяемую интерференцией копий сигнала, пришедших в точку приёма по многим путям.

• Медленную, вызванную затемнением трассы распространения рельефом и растительностью.

• Очень медленную, соответствующую изменениям дальности связи и рефракционных свойств атмосферы.

При сотовой связи основную сложность вносят быстрые замирания, поскольку они бывают достаточно глубокими, и при этом отношение сигнал/шум падает настолько сильно, что полезная информация может существенно искажаться шумами вплоть до полной её потери. Кроме замираний, вследствие многолучёвости, имеет место межсимвольная интерференция.

Методы борьбы с помехами

Для компенсации влияния задержки сигнала на качество передачи информации применяют разнесение ветвей приёма и адаптивный эквалайзер.

Для борьбы с быстрыми замираниями используются два основных метода:

• **разнесённый приём**, т. е. одновременное использование двух или более приёмных антенн;

• **расширение спектра**, т. е. **скачки по частоте** или применение широкополосных псевдослучайных сигналов. Суть методов скачков по частоте состоит в том, что несущая частота для каждого канала периодически изменяется. Поскольку релеевские замирания являются частотно-селективными, то при замирании сигнала на некоторой частоте, при изменении рабочей частоты на несколько сотен килогерц замираний с большой вероятностью не будет.

Для компенсации межсимвольных искажений применяют **эквалайзер** — адаптивный фильтр.

Проблема межсимвольной интерференции в широкополосных сигналах снимается, поскольку сигналы по задержке выравниваются и складываются.

Для борьбы с последствиями многолучевого распространения используется помехоустойчивое канальное **кодирование**: блочное и свёрточное кодирование, а также перемежение. **Перемежение** представляет собой такое изменение порядка следования символов информационной последовательности, при котором стоявшие рядом символы оказываются разделёнными несколькими другими символами. Такая процедура предпринимается с целью преобразования групповых ошибок или пакетов ошибок в одиночной ошибке, с которыми легче бороться с помощью блочного и свёрточного кодирования. Например, если перед выдачей в радиоканал последовательность символов, попадающих на интервал замирания сигнала, подвергается перемежению, а на приёмном конце восстанавливается прежний порядок следования символов, то пакеты ошибок рассыпаются на одиночные ошибки. Использование перемежения — одна из характерных особенностей сотовой связи.

Передача речи

В стандарте GSM принят многостанционный доступ с временным разделением каналов TDMA, что позволяет на одной несущей частоте разместить восемь речевых каналов одновременно.

В общем виде процесс передачи может быть описан так. Сначала осуществляется преобразование аналогового речевого сигнала в цифровую последовательность, которая подвергается шифрованию и кодированию. Каждый отсчёт уровня исходного аналогового сигнала представляется в виде зашифрованного сообщения, состоящего из 114 бит — двух самостоятельных блоков по 57 бит, разделённых между собой эталонной (обучающей) последовательностью в 26 бит.

Далее используются блочное кодирование — для быстрого обнаружения ошибок при приёме, перемежение — для преобразования пакетов ошибок в одиночные ошибки, свёрточное кодирование — для исправления одиночных ошибок.

При приёме последовательности определяется характер искажений в тракте при работе эквалайзера.

Для передачи информации по каналам связи, подстройки несущих частот, обеспечения временной синхронизации и доступа к каналу связи используются пять видов временных интервалов (**табл. 1**).

Передача информации при временном разделении каналов осуществляется в составе TDMA-кадра. Каждый временной интервал этого кадра обозначается номером от 0 до 7, т. е. в одном кадре одновременно могут передаваться восемь речевых каналов. Физический смысл временных интервалов (окон) — это время, в течение которого

Таблица 1

Интервал	Расшифровка	Название	Длительность	Назначение
NB	Normal Burst	Нормальный временной интервал (разговорный канал)	0,577 мс (156,25 бит)	Разговорный канал
FB	Frequency correction Burst	Временной интервал подстройки частоты	142 нулевых бит, две концевые комбинации, защитный интервал	Установка и подстройка частоты
SB	Synchronization Burst	Интервал временной синхронизации	64 бит синхро, два блока по 39 бит — код БС и номер TDMA-кадра	Используется в терминале. Передаётся вместе с FB
DB	Dummy Burst	Установочный интервал	По структуре совпадает с NB	Установление и тестирование канала связи
AB	Access Burst	Интервал доступа	Защитный интервал 68,25 бит, две концевые комбинации, синхропоследовательность и 36 зашифрованных бит	Обеспечивает разрешение доступа терминала к новой базовой станции

осуществляется модуляция несущей цифровым информационным потоком, соответствующим речевому сообщению или данным.

Цифровой информационный поток представляет собой последовательность пакетов, размещаемых в этих окнах.

Одной из особенностей формирования сигналов в стандарте GSM является использование в процессе сеанса связи медленных скачков по частоте — SFD (Slow Frequency Hopping). Главное назначение таких скачков — обеспечение частотного разнесения в радиоканалах, функционирующих в условиях многолучевого распространения радиоволн. Медленные скачки частоты используются во всех подвижных сетях, что повышает эффективность кодирования и перемежения.

Принцип формирования медленных скачков по частоте состоит в том, что сообщение, передаваемое в выделенном абоненту временном интервале TDMA-кадра 0,577 мс, в каждом последующем кадре передаётся (принимается) на новой фиксированной частоте. Время для перестройки частоты — около 1 мс.

В процессе скачков по частоте постоянно сохраняется разнос 45 МГц между каналами приёма и передачи. А всем активным абонентам, находящимся в одной соте, ставятся в соответствие непересекающиеся последовательности частот, что исключает взаимные помехи при приёме сообщений абонентами.

Функционирование сети

Оборудование сетей GSM, структурная схема которых представлена на **рис. 3** и в **табл. 2**, включает в себя подвижную станцию (радиотелефоны), базовые станции, цифровые коммутаторы, центр управления и обслуживания, различные дополнительные системы и устройства. Функциональное сопряжение элементов системы осуществляется с помощью ряда интерфейсов.

Радиотелефоны состоят из оборудования, которое предназначено для

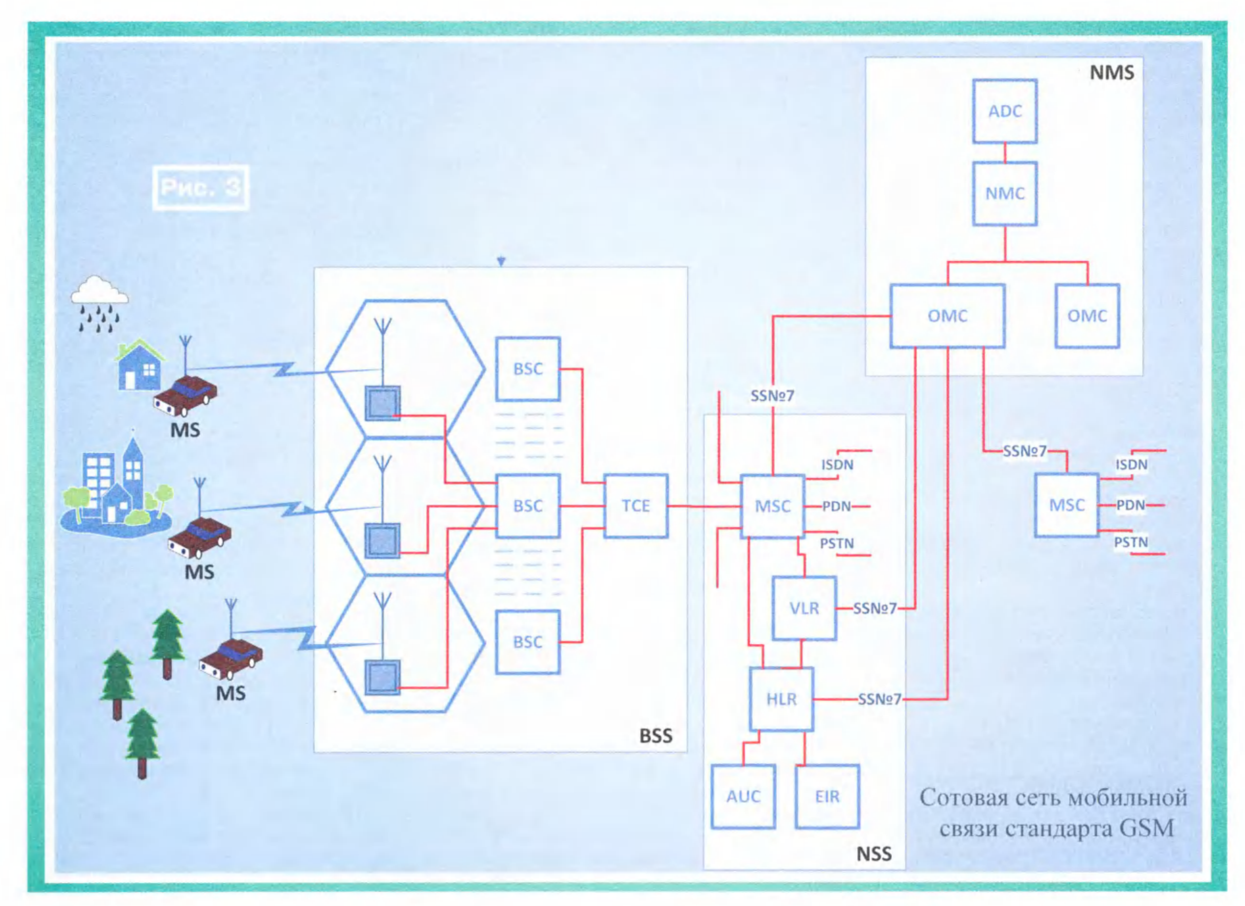


Таблица 2

Обозначение на рис. 3	Расшифровка	Пояснение
BSS	Base Station Subsystem	Субсистема базовых станций
BTS	Base Transceiver Station	Базовая станция
BSC	Base Station Controller	Контроллер базовых станций
TCE	Trans Coder	Оборудование транскодирования
MSC	Mobile Switching Center	Центр коммутации мобильной связи
NSS	Network Subsystem	Субсистема сети
HLR	Home Location Register	Регистр местоположения
VLR	Visitor Location Register	Регистр перемещений
AUC	Authentication Center	Центр аутентификации
EIR	Equipment Identity Register	Регистр идентификации оборудования
NMS	Network Management Subsystem	Подсистема управления сетью
NMC	Network Maintenance Center	Центр управления сетью
OMC	Operation Maintenance Center	Центр эксплуатации и технического обслуживания

организации доступа абонентов сетей GSM к существующим сетям связи.

Оборудование базовых станций состоит из контроллера базовых станций BSC и собственно базовых станций BTS.

Один контроллер может управлять несколькими базовыми станциями. Он выполняет следующие функции: управляет распределением радиоканалов; контролирует соединения и регулирует их очерёдность; обеспечивает режим работы с "прыгающей частотой", модуляцию и демодуляцию сигналов, кодирование и декодирование сообщений, кодирование речи, адаптацию скорости передачи речи, данных и сигналов вызова; определяет очерёдность передачи сообщений персонального вызова.

Оборудование подсистемы коммутации состоит из центра коммутации подвижной связи MSC, регистра местоположения HLR, регистра перемещения VLR, центра аутентификации AUC и регистра идентификации оборудования EIR.

Центр коммутации подвижной связи обслуживает группу сот и обеспечивает все виды соединений, в которых нуждается подвижная станция в процессе своей работы. Он представляет собой интерфейс между подвижной станцией и фиксированными сетями (ТФОП, ISDN, PDN) и обеспечивает маршрутизацию вызовов и функцию управления вызовами. Кроме того, на MSC возлагается функция коммутации радиоканалов (хэндовер и др.).

В регистре положения HLR хранится информация о местоположении какой-нибудь подвижной станции, что позволяет точно доставить вызов.

Для исключения несанкционированного использования ресурсов системы сотовой связи в неё введены механизмы аутентификации или удостоверения подлинности абонента. Этому служит регистр аутентификации EIR, который формирует ключи и алгоритмы аутентификации.

Абонентский подвижный терминал (радиотелефон)

Радиотелефон содержит аналоговые и цифровые части (**рис. 4**). Аналоговая часть включает в себя передающее и приёмное устройства. Антенна выполняет одновременно функции передающей и приёмной. Она представляет собой спиральную укороченную антенну, по характеристикам аналогичную стандартной полуволновой антенне. Передатчик и приёмник работают не одновременно, и передача осуществляется только в течение 1/8 длительности кадра.

Принимаемый сигнал после прохождения входного полосового фильтра усиливается МШУ и поступает на первый вход смесителя. На второй вход поступает сигнал гетеродина с синтезатора частот. Сигнал первой промежуточной частоты проходит через полосовой фильтр на ПАВ и усиливается усилителем первой промежуточной частоты УПЧ1, после чего поступает на первый вход второго смесителя. На второй его вход поступает сигнал гетеродина с генератора частот. Полученный сигнал второй промежуточной частоты фильтруется полосовым фильтром на ПАВ, усиливается в УПЧ и поступает на АЦП, где преобразуется в сигнал, необходимый для работы процессора CPU.

В режиме передачи информационный цифровой сигнал, сформированный в CPU, поступает на I/Q-генератор, где происходит формирование модулирующего сигнала. При модуляции радиосигнала применяется спектрально-эффективная гауссовская частотная манипуляция с минимальным частотным сдвигом — **Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK)**. Такое название модуляция получила, поскольку последовательность информационных битов проходит через фильтр нижних частот с гауссовский АЧХ. Это приводит к уменьшению полосы частот излучаемого сигнала и низкому уровню внеполосного излучения.

Модулирующий сигнал поступает в фазовый модулятор, а с его выхода — на смеситель. На второй вход смесителя поступает сигнал с синтезатора частот. Полученный сигнал через полосовой фильтр поступает в усилитель мощности УМ, управляемый с помощью CPU. После УМ усиленный до необходимого уровня сигнал через полосовой керамический фильтр поступает к антенне А и излучается в пространство.

Цифровая часть радиотелефона обеспечивает формирование и обработку всех необходимых сигналов. Она состоит из процессора CPU, памяти MEM, канального эквалайзера, канального кодера/декодера, SIM-карты, преобразователей АЦП и ЦАП, клавиатуры и дисплея.

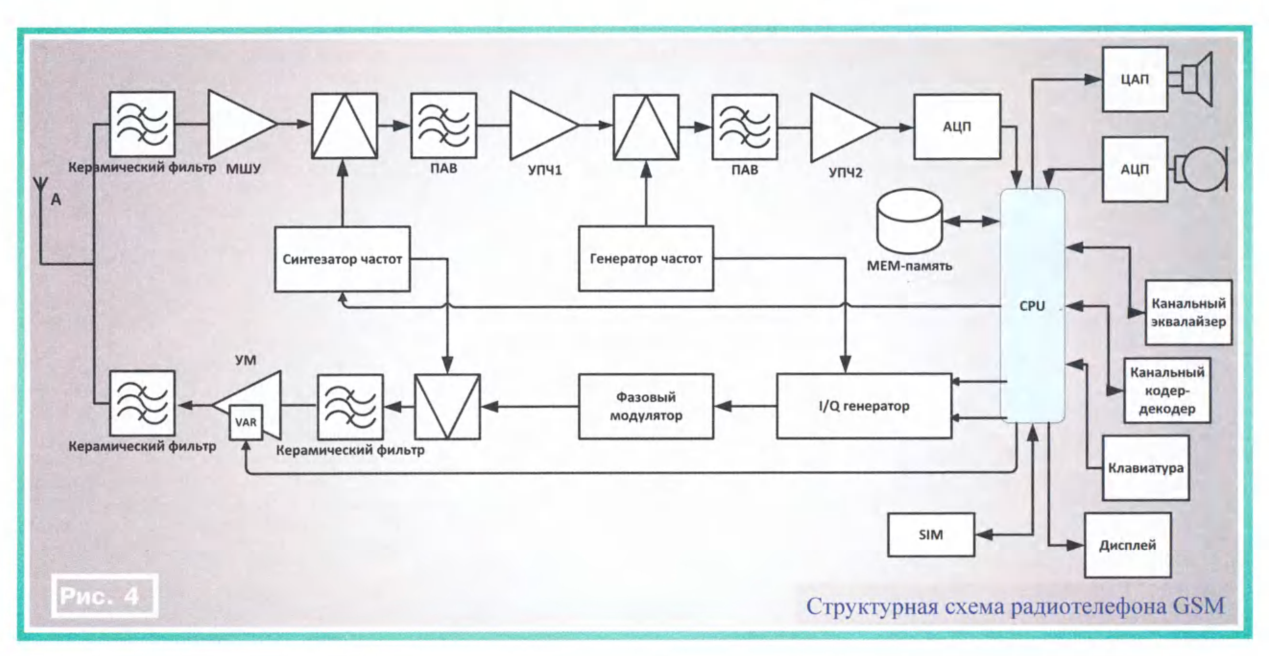


Рис. 4 Структурная схема радиотелефона GSM

Цифровая часть выполняет задачи демодуляции, кодирования, сжатия и восстановления речевого сигнала, уменьшения шумов, обработки информации, вводимой с клавиатуры. Кроме того, она выводит необходимую информацию на экран дисплея и производит обмен информацией с SIM-картой.

Рассмотренная система сотовой связи GSM относится к поколению 2G (Generation — поколение) мобильных систем. В ней использованы TDMA (множественный доступ с временным разделением) и FDMA (множественный доступ с частотным разделением). Эти технологии позволяют множеству мобильных пользователей одновременно на одной территории иметь уверенную двухстороннюю связь.

Средства связи находятся в постоянном развитии. В настоящее время на территории России действуют системы стандартов 2G, 3G, 4G. Готовится к запуску 5G. Проектируется 6G.

Перелом в возможностях построения сетей будущего кроется в имеющихся и возникающих технических и технологических ресурсах. ■

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

МАГАДАНСКАЯ ОБЛ. Некоторые радиостанции медиахолдинга "ТВ-Колыма-Плюс" переезжают на новую башню. Располагается она на ул. Ясной, 18. Так, радиостанции "Колыма" и "Европа Плюс" на эту башню мигрируют с вышки РТПЦ, а "Дорожное радио" — с вышки "Карибу".

На частоте 88,5 МГц работает "Европа Плюс", мощность передатчика — 500 Вт (новый передатчик PCA-500E), высота подвеса антенны — 33 м от поверхности земли, коэффициент усиления антенны — 8,65 дБи.

На частоте 105,5 МГц — "Дорожное радио", мощность передатчика PCA-1000E — 1 кВт, высота подвеса антенны — 32 м, коэффициент усиления антенны — 6,95 дБи.

На частоте 107,5 МГц — радио "Колыма", мощность передатчика — 1 кВт (передатчик PCA-1000E), высота подвеса антенны — 33 м от поверхности земли, коэффициент усиления антенны — 8,65 дБи. С этой башни уже осуществляется вещание "Ретро FM" на частоте 89,3 МГц, мощность передатчика — 500 Вт, высота подвеса — 32 м, коэффициент усиления антенны — 6,95 дБи.

МОРДОВИЯ. В Саранске возобновлено вещание "Радио Старт FM" на частоте 104,5 МГц. Незадолго до этого также возобновлено вещание на частоте 103,2 МГц "Дорожного радио" и "Милицейской волны" — на частоте 105,6 МГц. Ожидается появление ещё одной радиостанции на частоте 96,2 МГц — "Ретро FM" (источник — URL: **https://vk.com/radioitvvmordovii** (19.06.22)).

МОСКОВСКАЯ ОБЛ. 1 июня 2022 г. в УКВ-диапазоне подмосковной Коломны на частоте 93,4 МГц было произведено включение радиостанции DFM вместо радиостанции "Маруся FM". Мощность передатчика — 100 Вт.

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. Выкса — новый город вещания "Радио родных дорог". Город расположен недалеко от побережья Оки, в 28 км от железнодорожной станции Навашино — на магистральной железной дороге Москва—Екатеринбург, в 186 км от Нижнего Новгорода. Частота вещания — 96,9 МГц (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83066/** (19.06.22)).

В Нижнем Новгороде был завершён перевод передатчиков всех УКВ-радиостанций города на башню ОРТПЦ, расположенную на ул. Белинского, 9а. Последней стала радиостанция "Юмор FM" (107,4 МГц). Прежде её вещание осуществлялось с мачты на Конном проезде, 7. При этом мощность передатчика на этой частоте была снижена с 5 кВт до 1 кВт. Таким образом, все 29 работающих в настоящее время в Нижнем Новгороде станций теперь осуществляют вещание с главной телебашни, принадлежащей ФГУП "РТРС". Остальные же передающие центры (пр-т Гагарина, 25к, Окский съезд, 8 и Конный проезд, 7) вошли в историю. Мощности всех передатчиков были унифицированы и теперь составляют по 1 кВт.

На текущий момент УКВ-эфир Нижнего Новгорода выглядит следующим образом:

— частота 92,4 МГц — "Радио Маяк" (стерео, RDS);

— частота 92,8 МГц — "Комсомольская правда" (стерео);

— частота 93,5 МГц — "Наше Радио" (стерео);

— частота 93,9 МГц — "Радио России" (моно);

— частота 94,7 МГц — DFM (стерео, RDS);

— частота 95,6 МГц — "Коммерсантъ FM" (вещание остановлено);

— частота 96 МГц — "Новое Радио" (стерео, RDS);

— частота 96,4 МГц — "Радиола" (стерео, RDS);

— частота 96,8 МГц — "Радио Energy" (стерео, RDS);

— частота 97,6 МГц — "Радио Книга" (вещание планируется);

— частота 98 МГц — "Радио Образ" (стерео);

— частота 98,6 МГц — "Вести FM" (стерео, RDS);

— частота 99,1 МГц — "Детское Радио" (стерео);

— частота 99,5 МГц — Comedy Radio (стерео, RDS);

— частота 100 МГц — "Радио 7 на Семи Холмах" (стерео, RDS);

— частота 100,4 МГц — Серебряный Дождь (стерео, RDS);

— частота 100,9 МГц — "Радио Record" (стерео, RDS);

— частота 101,4 МГц — "Хит FM" (стерео, RDS);

— частота 101,9 МГц — "Авторадио" (стерео, RDS);

— частота 102,4 МГц — Radio Monte Carlo (стерео, RDS);

— частота 102,9 МГц — "Русское Радио" (стерео, RDS);

— частота 103,4 МГц — "Радио Рандеву" (стерео, RDS);

— частота 103,9 МГц — Europa Plus (стерео, RDS);

— частота 104,5 МГц — "Радио Дача" (стерео, RDS);

— частота 104,9 МГц — Love Radio (стерео, RDS);

— частота 105,4 МГц — "Дорожное Радио" (стерео, RDS);

— частота 105,9 МГц — "Радио родных дорог" (стерео, RDS);

— частота 106,4 МГц — "Ретро FM" (стерео, RDS);

— частота 106,9 МГц — "Радио Шансон " (стерео, RDS);

— частота 107,4 МГц — "Юмор FM" (стерео);

— частота 107,8 МГц — Business FM (стерео, RDS) (источник — URL: **https://vk.com/radionnov?w=wall-24242046_5250%2Fall** (19.06.22)).

ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛ. В г. Сердобске на частоте 102,5 МГц заработало радио "Европа плюс" (источник — URL: **https://vk.com/penzaradiotv** (19.06.22)).

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. С 3 июня 2022 г. "Радио Шоколад" вещает в городе Чайковский на частоте 88,3 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiochocolate98fm** (19.06.22)).

САМАРСКАЯ ОБЛ. В июне радиостанция "Бизнес ФМ" прекращает вещание в Самаре. По информации "Idel. Реалии", коллектив небольшой региональной редакции "БФМ" как минимум последние полгода испытывал проблемы. Сотрудникам радиостанции задерживали зарплаты, а эфиров давно не было — передачи и новости самарцы слушали в записи. Частоту 90,6 МГц, на которой работало "первое деловое радио", займёт "Радио Маруся", которое, судя по описанию в официальной группе "ВКонтакте", не информационное, а развлекательное (источник — URL: **https://www.radioportal.ru/news/radio/biznes-fm-prekrashchaet-veshchanie-v-samarskoy-oblasti** (19.06.22)).

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ и **ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ.** Филиал РТРС Санкт-Петербургский РЦ прекратил трансляцию радиостанции "Русская служба новостей" на частоте 92,9 МГц (источник — URL: **https://spb.rtrs.ru/tv/analog/russkaya-sluzhba-novostey-prekratila-translyatsiyu-v-sankt-petereburge/** (19.06.22)).

С полуночи 1 июня 2022 г. в городе на Неве началось вещание "Радио Вера" на частоте 92,9 МГц. Вещание идёт с ЛРТПЦ, мощность передающего оборудования — 2 кВт.

9 июня 2022 г. радиостанция "Европа Плюс" в Кингисеппе перешла с частоты 99,3 МГц на частоту 105,2 МГц. Вещание идёт с собственного объекта на территории города.

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. 1 июня 2022 г. филиал РТРС Свердловский ОРТПЦ приступил к трансляции радиостанции "Радио Сибирь" в Нижнем Тагиле. Программы радиостанции доступны на частоте 104,2 МГц. Передатчик мощностью 1 кВт охватывает сигналом порядка 384 тыс. человек (источник — URL: **https://ekburg.rtrs.ru/tv/analog/sverdlovskiy-filial-rtrs-nachal-translyatsiyu-radiostantsii-radio-sibir-v-nizhnem-tagile/** (19.06.22)).

СМОЛЕНСКАЯ ОБЛ. С 1 июня 2022 г. "Радио России" начинает вещание в УКВ-диапазоне в Гагаринском районе. Смоленский областной радиотелевизионный передающий центр запустит трансляцию в деревне Акатово. Частота вещания "Радио России" — 103,9 МГц. Радиопрограммы станут доступны 40 тыс. жителей Гагарина и района. Запуск передатчика в Акатове — часть совместной масштабной программы ВГТРК и Российской телевизионной и радиовещательной сети по расширению территории вещания. Программа предусматривает включение в эфирное УКВ-радио станций "Радио России", "Маяк" и "Вести FM".

ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛ. 1 июня 2022 г. к сети вещания "Радио Шансон" присоединился г. Ярославль — третий по населению город Центрального федераль-

---

***Примечание**. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

ного округа Российской Федерации. Охват населения — 622,3 тыс. человек, частота вещания — 96,6 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/9334.htm** (19.06.22)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ВЕЛИКОБРИТАНИЯ. Цифровизация Би-би-си и планируемый отказ от вещания на ДВ и СВ. 26 мая 2022 г. генеральный директор Би-би-си Тим Дэви выступил перед сотрудниками корпорации и изложил стратегию её цифровизации — digital-first. Вот основные тезисы из его выступления: "Люди говорят, что Би-би-си слишком консервативна, не готова к вызовам, недостаточно быстро реагирует. Каждая успешная организация со 100-летней историей сталкивается с этой проблемой... Хотя традиционное вещание будет иметь важное значение в ближайшие годы, мы решительно движемся в мир, где контент распространяется по принципу on-demand (по запросу, как подкасты). Сегодня около 85 % времени, которое люди проводят с BBC, приходится на линейное вещание. Слишком много наших ресурсов ориентировано на традиционное вещание, а не на онлайн. И лишь менее 10 % приходится на зарегистрированных пользователей, поэтому мы не можем предоставлять людям персонализированный контент, как наши основные конкуренты...". "С сегодняшнего дня мы собираемся решительно внедрять концепцию digital-first для BBC. У нас есть шанс сделать то, чего не делает никто другой — создать цифровую медиаорганизацию, которая окажет значительное положительное влияние в культурном, экономическом и социальном плане. Мировой лидер, движимый поиском правды, беспристрастности, выдающегося творчества и независимости". "Что касается местного радио, мы собираемся сосредоточить нашу работу на том, что принесёт наибольший эффект, — уменьшая объём вещания в то время, когда слушательская аудитория минимальна. Мы будем делать это осторожно, работая с нашими местными редакторами, не отступая от нашей приверженности транслировать в прямом эфире спортивные программы и местные новости". "По мере того как мы больше финансируем цифру, нам неизбежно придётся тратить меньше средств на традиционные способы трансляции передач. Но мы будем делать это с большой осторожностью — наши основные каналы будут популярны, по крайней мере, в течение следующего десятилетия, и их позиции очень сильны. Мы планируем прекратить создавать отдельную сетку вещания для Radio 4 Long Wave, проконсультировавшись с партнёрами, в том числе с Агентством морской и береговой охраны, до прекращения вещания на длинных волнах. Radio 5 Live на средних волнах также закроется не позднее декабря 2027 г. в соответствии с предлагаемым планом общеотраслевого выхода из платформы. Со временем мы планируем консолидировать и настроить обмен большим количеством контента между службами, а также рассчитываем прекратить линейное вещание некоторых из наших небольших каналов. Сюда войдут такие службы, как BBC Four, CBBC и Radio 4 Extra. Но мы не будем делать этого, по крайней мере, в ближайшие три года, потому что на данный момент они всё ещё приносят пользу миллионам зрителей и слушателей при небольших затратах".

ГРЕЦИЯ. Закрытие аналогового вещания "Голоса Греции" временно отложено. В соответствии с решением, подписанным генеральным директором ERT Георгиосом Габритсосом, Общественное радио и телевидение Греции объявило, что по запросу Министерства обороны передающий центр коротковолнового вещания в Авлиде будет работать до 31 мая и затем будет произведена переоценка условий для дальнейшего продолжения или отказа от вещания. В своём предыдущем решении компания ERT заявила, что её вещание на коротких волнах прекратится 31 марта, и обратилась к министерствам иностранных дел и обороны, "чтобы решить, хотят ли они продолжения вещания на коротких волнах, а также хотят ли они приобрести в собственность и эксплуатировать коротковолновый передающий центр на свой страх и риск" (источник — URL: **https://greekcitytimes.com/2022/04/02/voice-of-greece-granted-a-reprieve-still-broadcasting-for-2-more-months/** (19.06.22)).

НОВАЯ ЗЕЛАНДИЯ. Правительство Новой Зеландии анонсировало выделение 4,4 млн долл. в пользу RNZ Pacific для покупки нового передатчика для трансляции программ на район Тихого океана. Передатчик является частью критической инфраструктуры, его запуск значится среди планов по созданию нового общественного вещателя, он назначен на следующий год. Министр телерадиовещания Крис Фаафой заявил, что финансирование СМИ обеспечит новозеландцам доступ к местным передачам и новостям (источник — URL: **https://www.bclnews.it/2022/05/19/new-transmitter-for-rnz-pacific/** (19.06.22)).

США. С 1 июня 2022 г. Трансмировое радио добавило новую часовую КВ-трансляцию на русском языке с о. Гуам и новую СВ-трансляцию на русском языке через передатчик в Приднестровье. Расписание вещания выглядит таким образом: с 17:00 до 18:00 — на частоте 13660 кГц с передатчика мощностью 250 кВт, расположенного на о. Гуам в направлении Восточной Европы; с 17:30 до 18:30 — на средневолновой частоте 621 кГц с передатчика мощностью 150 кВт. Направление вещания — Приднестровье, Украина, европейская часть России и Республика Беларусь.

УКРАИНА. "Русское радио — Украина" решили переименовать в "Радио Байрактар". Национальный совет Украины по вопросам телевидения и радиовещания изменил название радиостанции "Русское радио — Украина". Об этом стало известно 19 мая 2022 г. из сообщения на сайте регулятора. ООО "ТРО Русское радио — Украина" (позывной — "Русское радио"). Теперь в эфире эта радиостанция будет звучать как "Радио Байрактар", — заявили в Нацсовете. Как отмечает РИА Новости, Bayraktar TB2 — модель турецкого ударного беспилотного летательного аппарата, которую широко применяют украинские войска. На сайте украинского радиохолдинга TAVR Media сообщается, что "Радио Байрактар" — новый проект группы. Уточняется, что радиостанция была создана с нуля. В конце февраля TAVR Media сообщил об отказе от бренда "Русское радио". В заявлении, опубликованном на сайте радиохолдинга, утверждалось, что вместо него будет запущена новая радиостанция (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__83152/** (19.06.22)).

ФРАНЦИЯ. Французское Radio for Peace International объявило о запуске русскоязычных трансляций. 15-минутные передачи на русском языке выходят в эфир по следующему расписанию: по средам — в 06:00 на частоте 7730 кГц; по субботам — в 13:30 на частоте 15770 кГц; по воскресеньям — в 13:00 на частоте 15770 кГц. Трансляции ведутся через передатчики WRMI (источник — URL: **https://www.rfpi.eu/** (19.06.22)).

ЮЖНАЯ КОРЕЯ. "Всемирное радио KBS" с 13 июня 2022 г. изменило частоту вещания на русском языке. Теперь оно выглядит следующим образом: с 12.00 до 13.00 — в направлении Дальнего Востока России на средневолновой частоте 1170 кГц через передатчик мощностью 500 кВт в Кимдже (Южная Корея); с 13.00 до 14.00 — в направлении Сибири на частоте 9645 кГц через передатчик мощностью 100 кВт в Кимдже (Южная Корея); с 18.00 до 19.00 — в направлении России теперь на частоте 15265 кГц через передатчик мощностью 250 кВт, расположенный в Вуффертоне (Великобритания).

Хорошего приёма и 73!

Активные антенны Е-поля

Часть 6 (окончание)

Транзисторы структуры MOSFET в схеме с общим стоком

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

АА-1-4-R80

Успех применения АА-1-4-RETRO привёл к разработке версии этой конструкции на отечественных кремниевых транзисторах 1980—1990-х годов. АА-1-4-R80 имеет следующие параметры: верхняя граничная частота — 30 МГц; коэффициент передачи на нагрузке 50 Ом $K_п \approx 0,45$ (без учёта входного дросселя); входная ёмкость усилителя — 4 пФ; коэффициент шума в диапазоне 24...30 МГц — менее 4 дБ (с АЭ длиной более 100 см); уровень шума на частоте 4 МГц на 1 дБ превышает уровень шума SDR Perseus; линейность отличная — при входном сигнале 2×4000 мВ, IM_2 = −60 дБ и IM_3 = −56 дБ. Напряжение питания АА — 18 В, потребляемый ток — 45...53 мА, зависит от КП305 индивидуально, температура окружающей среды — −45...+45 °С. Эта АА имеет хорошую защиту входа. Рекомендуется для работы с АЭ длиной 100...120 см и противовесом длиной 3,5 м. Однако АА требует тщательного сложного налаживания и приборов для измерения IM_2 и IM_3.

Схема АА-1-4-R80 показана на **рис. 27**. Более современные транзисторы позволили расширить интервал температуры окружающей среды, а также уменьшить собственный шум. Таким образом, АА-1-4-R80 будет полноценным решением для работы во всех климатических зонах, а малый собственный шум выручит в условиях чистого от широкополосных местных помех радиоэфира на высокочастотных КВ-диапазонах.

Трудность состояла в подборе комплементарных транзисторов. В СССР, кроме транзисторов серий КТ914 и КТ904, документально не было заявленных пар для ВЧ-усилителей. В поле зрения для выбора пары ВЧ-транзисторов попали приборы структуры n-p-n серий КТ316, КТ325, КТ355, КТ368, КТ399, КТ3142, КТ633, КТ9141 и структуры p-n-p — серий КТ326, КТ363, КТ3108, КТ3162, КТ941, КТ9143.

Сначала очень хорошими казались транзисторы серии КТ316, однако у них имеются проблемы при работе с напряжением более 6...8 В, а тем более — с пиками напряжения до 10...15 В. Только малая часть (10 %) из большой партии разных годов выпуска соответствует требованиям для транзистора VT2 в этой АА. Транзисторы серий КТ355 и КТ368 — более стойкие по напряжению.

Далее, проблематичным оказалось неудачное распределение усиления по постоянному току. Если транзисторы серий КТ316, КТ326, КТ3108 можно легко найти с $h_{21э}$ в интервале 30...150, то транзисторы серий КТ3142 и КТ363 найдутся в основном с $h_{21э}$ в интервале 35...60. С другой стороны, среди транзисторов серий КТ3162 и КТ368 найдутся с $h_{21э}$ в интервале 100...250. Если КТ633/КТ941 ещё кое-как совпадают по $h_{21э}$ = 60...90, то КТ9141/КТ9143 существенно различаются по этому параметру.

Если брать ВЧ-свойства, то КТ363/КТ368 были бы идеальной парой для VT2VT4, но по $h_{21э}$ они сильно отличаются. А это важный момент, чтобы мощные импульсы спектром до 2 МГц нашли симметрично нагрузку на истоке транзистора VT1. Транзисторы КТ342/КТ343 для этой АА слишком "медленные", хотя у них по коэффициенту передачи тока нет проблем. Одним из альтернативных вариантов было бы применение транзисторов КТ3142/3108 с $h_{21э}$ = 45, так как они хорошо совпадают по ВЧ-параметрам, но они не такие высокочастотные, как транзисторы КТ316/КТ363, поэтому АУ будет работать только до частоты 20 МГц. Транзистор КТ316 надо подобрать по обратному току коллектора. Для этого базу надо соединить с эмиттером резистором сопротивлением 3 кОм и подать напряжение +10 В на коллектор. Для хороших изделий обратный ток коллектора должен быть существенно меньше 1 мкА при комнатной температуре и менее 10 мкА при температуре +60 °С и напряжении 10 В.

Более критичная ситуация для выходного каскада. "Нежные" серии КТ326, КТ363 и КТ316, КТ325, КТ355, КТ368 тут не пригодны по току коллектора. Их "горка" с минимальной IM_2 найдётся при токе не более 20 мА, и при большом токе имеется резкий спад для $h_{21э}$ на высоких частотах. Поэтому для применения в выходном каскаде подойдут КТ3142/3108 при $h_{21э}$ около 45. Ещё лучше ведут себя транзисторы КТ633/КТ941 при токе покоя 20...40 мА. Их малые ёмкости обеспечат работу АУ до 50 МГц.

Если ограничить рассеиваемую мощность транзисторов VT5 и VT6 уровнем 200 мВт при токе покоя 15...20 мА,

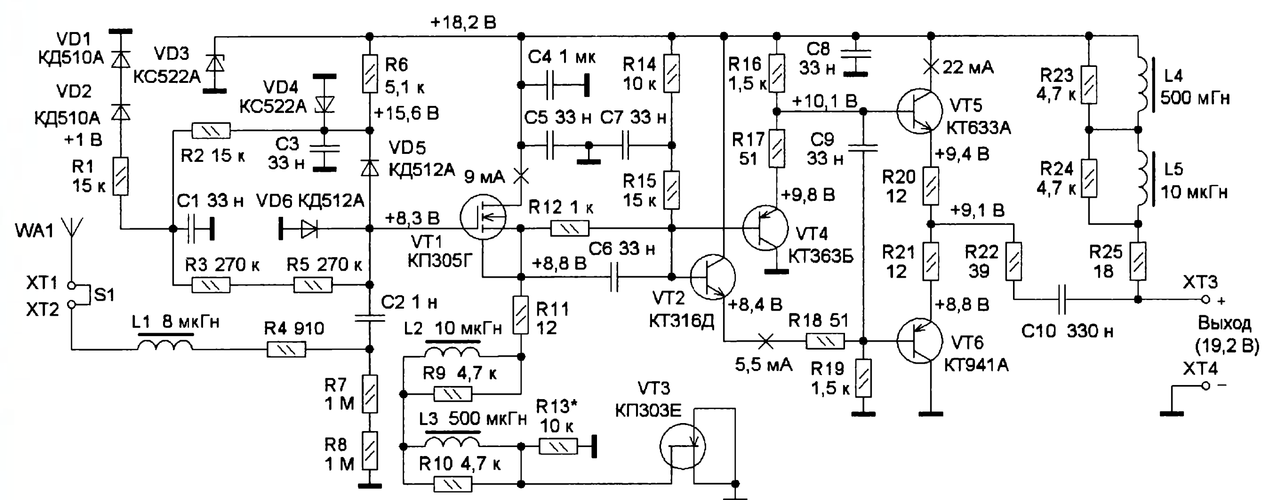


Рис. 27

напряжение питания надо ограничить значением 20 В. Для транзисторов КТ633/КТ941 предел рассеиваемой мощности без теплоотвода — около 300 мВт.

Очень важно питать транзистор VT1 правильным током от транзистора VT3 и при этом обеспечить постоянное напряжение на выходе оконечного каскада — 50 % от напряжения его питания.

Транзистор КП305Г в очередной раз показал свои хорошие шумовые свойства, и сложная цепь VT3L2L3 в его истоке, а также малый шум применённых СВЧ-транзисторов — всё это выводит эту АА в лидеры по шуму в сочетании с высокой линейностью. Один из недостатков этой АА — сложность при выборе биполярных транзисторов и индивидуальное налаживание каскада на транзисторе серии КП305.

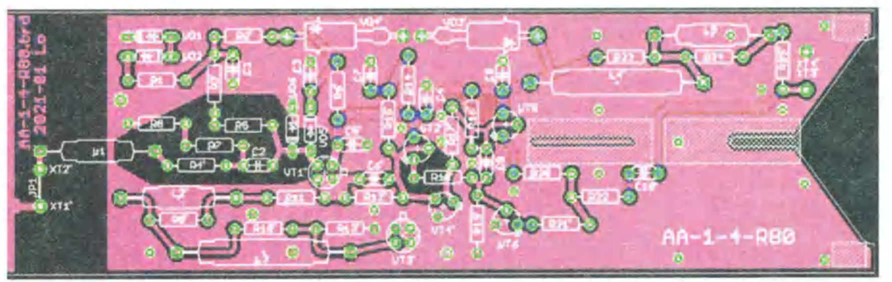


Рис. 28

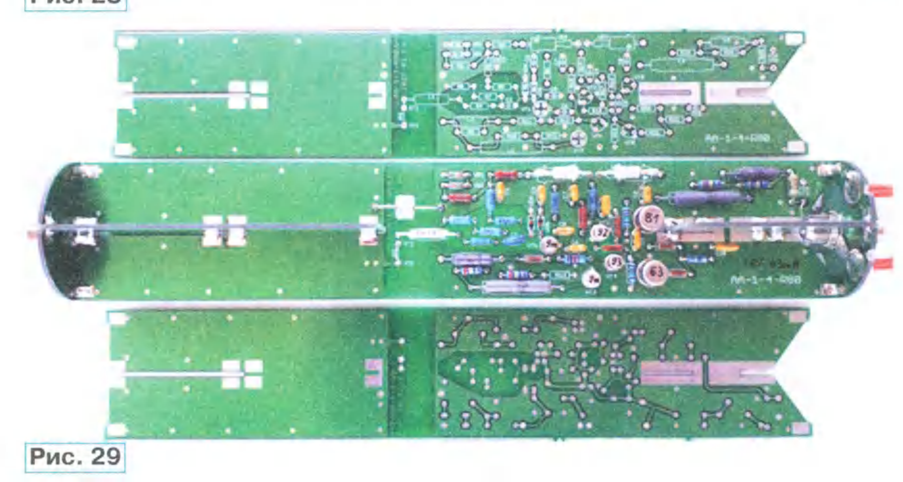


Рис. 29

Монтаж и налаживание производятся аналогично предыдущей версии. Печатная плата показана на **рис. 28**. Печатная плата, в том числе смонтированная, показана на **рис. 29**. Особенность топологии платы — малая ёмкость к общему проводу для критических узлов и отличная стяжка общего провода в целом. Справа виден разъём на выход и четыре провода противовеса ("борода").

При двухтональном сигнале 2×4000 мВ на АЭ на выходе АА на нагрузке импедансом 50 Ом будет сигнал 2×1800 мВ ($К_п$ = 0,45) и IM_2 с= −60 дБ, IM_3 = −56 дБ. Если сопоставить прирост шумовой дорожки всего на 1 дБ от этого АУ с короткозамкнутым входом, то приём вряд ли будет испорчен этой АА, осталось только поискать соответствующий приёмник. При входном сигнале 2×200 мВ от АЭ вся интермодуляция уходит на уровень не более −100 дБ, поэтому эта АА пригодна для работы с качественным 16-разрядным SDR-приёмником.

При работе на мачте первые весенние степные грозы года совсем не повлияли на КВ-приём. Приёмник ведёт себя крайне спокойно на КВ. Можно оценить улучшение по сравнению с АА-1-4 примерно в 2...3 раза по эластичности к таким импульсам.

Схемой и конструкцией печатной платы этой АА были достигнуты пределы тепловых режимов, поэтому дальнейшее улучшение требует переделки платы и установки теплоотводов.

Следует учесть разброс параметров транзисторов КП305Г и КП305ГИ, правильный ток может быть от 9 до 18 мА.

При комплектации усилителя транзисторами КТ3108/КТ3142 (VT5, VT6 $h_{21э}$ = 45...60) ток покоя должен быть не более 15 мА (R20 = R21 = 18 Ом) и ограничиться напряжением питания +15 В. Это примерно на 50 % уменьшит эластичность к импульсам, однако шумовые свойства останутся отличными, как и интермодуляция от штатных сигналов с АЭ длиной 100 см.

АА-1-5 ретро с минусовым питанием

Для старых транзисторных приёмников "Океан" (Selena) на германиевых транзисторах (но не только) нужна АА, работающая с минусовым питанием. Так как ПТ с p-каналом по шумовым свойствам не пригодны для этого случая, входным транзистором был выбран проверенный ранее КП305Г, но пришлось его поставить "с ног на голову". Была разработана АА (**рис. 30**) с ретро-компоновкой из конца 1970-х годов, которая обеспечивает отличную сигнальную динамику и чувствительность на радиовещательных диапазонах.

Диапазон рабочих частот этой антенны — 0,08...18 МГц, коэффициент передачи от АЭ до выхода на нагрузке 50 Ом $К_п$ = 0,6, уровень шума превышает на 5 дБ уровень шума SDR-приёмника Perseus, входная ёмкость усилителя — 5,2 пФ, линейность — средняя, на частоте 4 МГц при входном сигнале 2×400 мВ IM_2 = −40 дБ и IM_3 = −60 дБ. Защита от перегрузки входа — хорошая, рекомендуемая высота АЭ на крыше невысокого здания — не более 100 см, противовес — длиной 2,5 м. Напряжение питания — 8,3 В, потребляемый ток — 25 мА. Интервал температуры окружающей среды — −30 °С...+45 °С, налаживание этой АА — несложное.

По сути, она сходна с АА-1-0, но имеет интересные особенности. Транзистор VT2 работает в ИП с заземлённым стоком. Этому транзистору необходимо напряжение $U_{СИ}$>5 В для полного усиления и линейности. Дроссели L2, L3

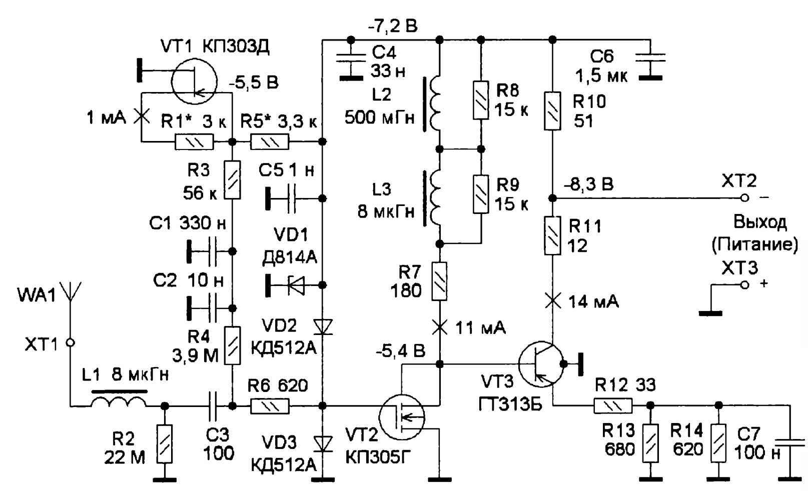


Рис. 30

создают высокий импеданс для транзистора VT2 на радиочастотах, резисторы R8 и R9 подавляют острые резонансы.

При снижении температуры требуется некоторый рост тока стока транзистора VT2 для обеспечения минимальной IM_2. Источник тока на транзисторе VT1 имеет нужный температурный коэффициент, и на резисторе R5 при снижении температуры напряжение увеличивается. Подборкой резистора R1 можно получить требуемый температурный коэффициент, а подборкой резистора R5 — установить требуемое напряжение смещения на затворе транзистора VT2.

Поскольку напряжение на резисторах R13 и R14 сравнительно большое, изменение режима транзистора VT2 мало меняет режим транзистора VT3, и он останется в своём минимуме по IM_2. Ток 12...16 мА транзистора VT3 устанавливают резисторами R13 и R14. Можно было бы заменить транзистор ГТ313Б транзистором КТ326Б, но у последнего минимум по IM_2 наступает при токе коллектора более 20 мА.

Линейность этой АА с запасом обеспечивает работу и с передовыми импортными радиовещательными приёмниками 1970-х годов. Чувствительность — отличная до диапазона 16 метров, так как линейность АА позволит установку АЭ длиной до 70 см. Резистор R6 эффективно подавляет помехи на УКВ и СВЧ. Дроссель L1 даёт прирост чувствительности на диапазонах 19 метров и 16 метров за счёт Г-трансформатора в сочетании с входной ёмкостью транзистора VT2 и диодов VD1 и VD2.

Первая реализация этой антенны была сделана на макетной печатной плате (**рис. 31**, **рис. 32**). В архиве есть Gerber-файл на такую макетную плату размерами 160×100 мм без металлизации отверстий.

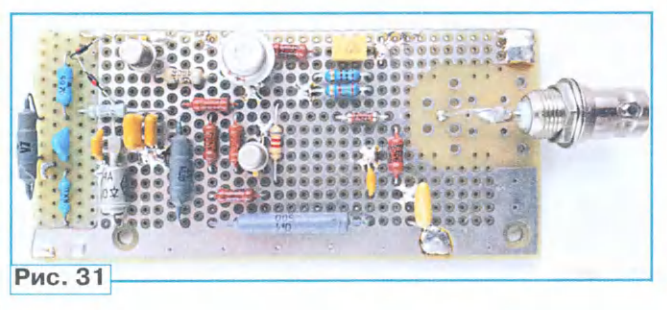
Печатная плата этой АА — двухсторонняя, её чертёж показан на **рис. 33**.

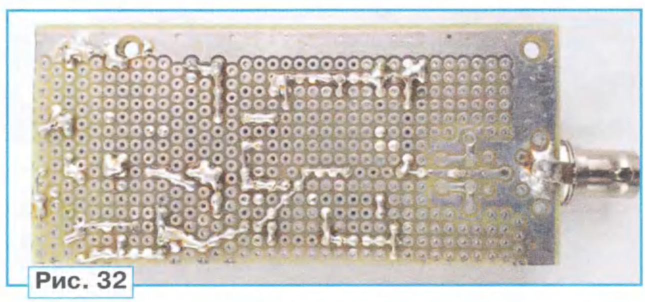
Сначала нужно удалить из приёмника всю лишнюю антенную проводку — конденсаторы от антенного разъёма к колебательным контурам, связь от телескопической антенны к контурам УВЧ. После этого приёмник должен стать "глухим" и ничего не принимать. От измерительного генератора с помощью небольшой петли подают сигнал на магнитную антенну (МА) для ДВ и СВ, а для КВ — на входной контур и проводят предварительное корректирующее налаживание этих контуров.

Делают новое соединение от антенного разъёма жёстким лакированным проводом диаметром 0,7... 1 мм, дотягивают до МА, на которой делают один виток, а над входной катушкой индуктивности КВ-модулей в барабане размещают три витка диаметром 10 мм (**рис. 34**).

От КВ-катушки уже напрямик провод дотягивают до контакта подачи питания, в РПУ "Океан-209" — это –9 В. Для этого на контактной группе МА используют свободный крайний контакт, куда подводят питающее напряжение и устанавливают блокировочный конденсатор ёмкостью 100 нФ на шасси — общий провод (**рис. 35**).

Такая подача сигнала от АА на более чем 40 дБ превысит уровень приёма самого приёмника на КВ, а на ДВ-СВ сигнал от МА будет на 20 дБ меньше сигнала от АА на крыше.


Рис. 31


Рис. 32

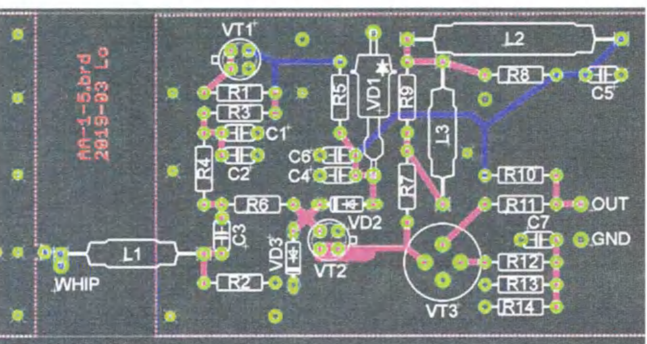
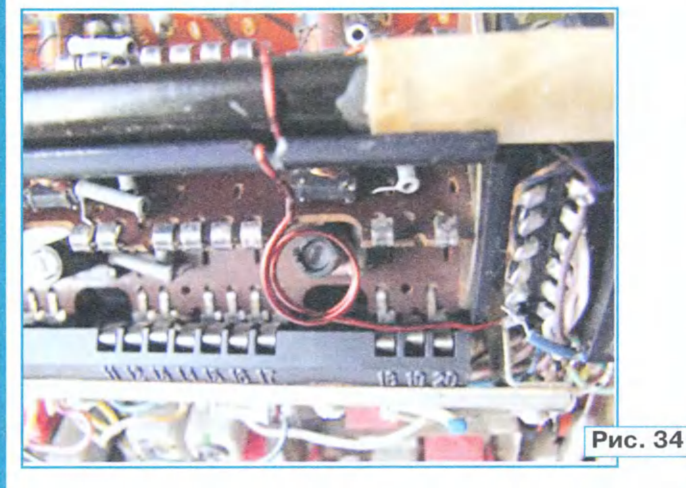
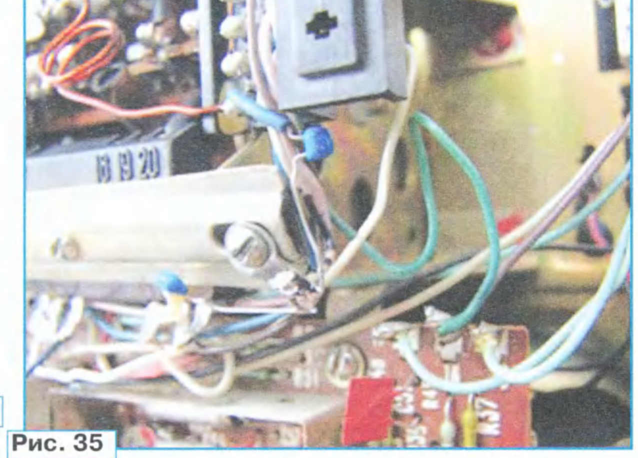


Рис. 33


Рис. 34


Рис. 35

Пример подключения АА к РПУ "Океан-209"/"Океан-214"

В стационарных условиях у многих приёмников при питании из сети 230 В имеется достаточный запас по питанию для подключения АА. Ниже показан пример подключения АА-000, АА-1-2, АА-1-3 к РПУ "Океан-214". Для приёмника "Океан-209" всё делают аналогично для АА-1-5.

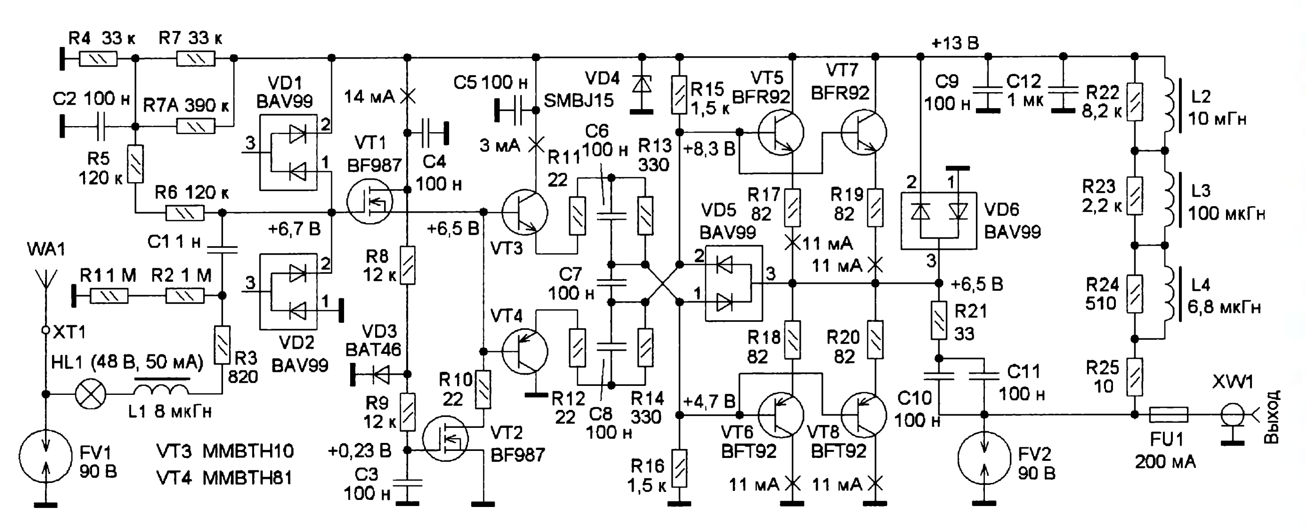


Рис. 36

АА-1-6-НР

По итогам опытов с АА-1-3 была разработана АА-1-6-НР (high performance — высокая производительность), которая имеет усиленные узлы защиты (**рис. 36**). Эта антенна имеет следующие параметры: верхняя граничная частота — 34 МГц; коэффициент передачи на нагрузке 50 Ом $K_п \approx 0{,}45$ (без учёта входного дросселя); входная ёмкость усилителя — 3,3 пФ; уровень шума на частоте 5 МГц на 3 дБ превышает уровень шума SDR Perseus; линейность отличная — при входном сигнале 2×250 мВ $IM_2 = IM_3 = -60$ дБ; напряжение питания — 13,8 В; потребляемый ток — 42 мА; температура окружающей среды — −40...+60 °С. Эта АА имеет отличную многоступенчатую защиту входа и рекомендуется для работы с АЭ длиной до 120 см с противовесом длиной 4 м, её налаживание — умеренно сложное.

На выходе эта АА имеет защиту от наводок на фидер. Сначала сработает защитная диодная сборка VD5, а если наводки берут верх над сигналом, защитит базовые цепи выходных транзисторов. Когда кратковременные наводки превысят напряжение питания, сработает диодная сборка VD6. При продолжительных наводках при превышении напряжения более +19 В сработает инерционный предохранитель (плавкая вставка) FU1. Дроссели по питанию L2— L4 смонтированы с малой ёмкостью к общему проводу и мало взаимодействуют с сигналами и наводками. Случайное попадание ВЧ-сигнала мощностью до 5 Вт не приведёт к повреждению АА.

Если мощные наводки на выход АА могут быть исключены, то наводки на АЭ следует считать нормальной ситуацией. Но защита и здесь многоступенчатая, её главные элементы — диоды VD1, VD2 и VD4, которые не позволят возникнуть опасному режиму транзистора VT1. Во взаимодействии диодов VD1 и VD2 с резистором R3 и дросселем L1 получается высокая стойкость к воздействиям. Если речь идёт о коротких импульсах длительностью менее 100 нс, то они могут иметь амплитуду до 100 В без повреждения транзистора VT1 при фронтах импульсов 5 В/нс и более, так как эти диоды реагируют за 2...3 нс. Для защиты от грозовых наводок установлен газовый разрядник FV1. Лампа накаливания HL1 48 В/50 имеет сопротивление в холодном состоянии около 120 Ом. Она не мешает приёму и входит в состав входного ФНЧ. Но при мощных наводках от местного передатчика её сопротивление увеличится до 1 кОм, и это даёт дополнительную защиту и высокую надёжность, так как ограничивается ток в элементах защиты.

Во входном узле все монтажные ёмкости располагаются за трансформирующим дросселем L1, что повышает КПД трансформации на частотах более 20 МГц для малошумящего приёма на высоких КВ-диапазонах.

Комплементарный буферный усилитель на транзисторах VT3 и VT4 обеспечивает для каскада на транзисторе VT1 малую нагрузку, что обеспечивает его высокую линейность, да и сам он не ухудшает линейность. Буферный усилитель имеет выходное сопротивление 15 Ом, что в пять раз меньше, чем у каскада на транзисторе VT1. Именно это отличает эту АА от многих других, именно такого не хватало известной КАА-1000.

Выходной каскад выполнен на параллельно включённых транзисторах, что позволит у каждого из них установить сравнительно высокоомный эмиттерный резистор при умеренном токе и низкой тепловой нагрузке. Таким образом, такой каскад может отдавать в нагрузку 50 Ом сигнал размахом несколько вольт с интермодуляцией не более −40 дБ, что обеспечивает "эластичность" к импульсным помехам.

Печатная плата АА-1-6-НР показана на **рис. 37** и **рис. 38**. Для получения

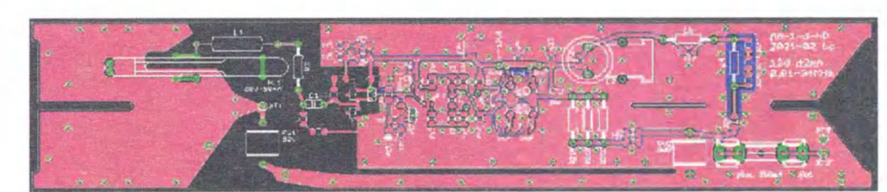


Рис. 37

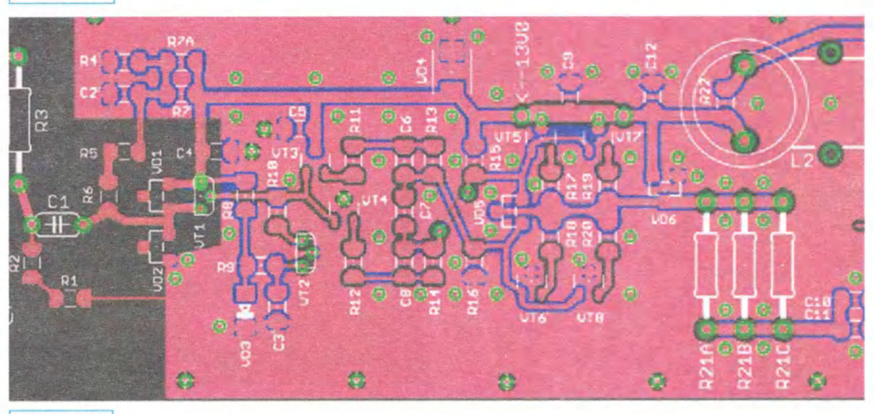


Рис. 38

высокого качества приёма надо обязательно провести налаживание постепенно по узлам и с промежуточными проверками.

Сначала подбирают дроссели L2—L4 по их собственному резонансу. Для дросселя L4 резонанс должен быть в интервале 30...40 МГц, но не менее 27 МГц. У дросселя L2 резонанс должен быть в нижней части СВ-диапазона, не выше 1 МГц. Соответственно, дроссель L3 должен иметь резонанс в диапазоне 4...8 МГц. Это основной параметр, а индуктивность — это вторичный параметр. Для проведения измерения надо установить дроссель прямо между выходом и входом измерителя АЧХ, короткий кабель длиной до 50 см не мешает измерению.

Транзистор BF987 (VT1) будет работать с напряжением смещения $U_{зи}$ = = 0,2...0,3 В, и поэтому на резисторах R4, R7, R7A надо установить напряжение +6,75 В при напряжении +13 В на стоке транзистора VT1, чтобы на истоке была ровно половина напряжения питания. Устанавливают элементы VD4 и FU1, они сработают при нештатном напряжении питания более 18 В. Затем устанавливают конденсаторы C2, C4, C5, C9, C12 и проверяют все напряжения.

По возможности, резисторы R1, R2, R5 и R6 должны быть серии MELF (Vishay), их устанавливают вместе с четырьмя диодами BAV99 и цепью смещения для транзистора VT2, а также резистор R10. Проверяют все напряжения при питании от 13 В.

Устанавливают транзисторы VT1, VT2 и конденсатор C1, который должен быть из керамики NP0 и номинальным напряжением не менее 100 В. Транзисторы заранее подбирают в пару по критерию сопротивления канала. Для этого соединяют затвор с истоком и измеряют сопротивление сток—исток. Разброс должен быть не более 2 %. Более высокоомный транзистор устанавливают на место VT1. Проверяют напряжения и передачу сигнала от входа к истоку VT1. На нагрузке 1 МОм/15 пФ (щуп) должен быть $K_п \approx 1$. При сигнале 2×2500 мВ интермодуляция $IM_2 = IM_3$ = = –60 дБ.

Установив резисторы R11—R16 и транзисторы VT3, VT4, проверяют напряжения и токи через эти транзисторы (по 3 мА). Транзисторы MMBTH10 и MMBTH81 работают оптимально именно при таком токе, применение транзисторов BFR92, BFT92 даст худший на 3 дБ результат, так как у них оптимальный ток в 3....4 раза больше. При сигнале 2×2500 мВ этот усилитель не вносит дополнительных искажений.

Затем монтируют все оставшиеся элементы выходного каскада, кроме конденсаторов C10 и C11, и временно устанавливают в качестве нагрузки последовательную RC-цепь (выводные компоненты 100 нФ + 51 Ом) между резистором R21 и общим проводом. Проверяют напряжения, токи покоя выходного каскада и $K_п$ = 0,45 от затвора VT1 к нагрузке. При сигнале 2×2500 мВ на входе получаем 2×1100 мВ на выходе с интермодуляцией $IM_2 = IM_3$ = –60 дБ. При входном сигнале 2×200 мВ вся интермодуляция останется ниже –100 дБ.

Входная ёмкость на затворе транзистора VT1 — 3,3 пФ. АУ при сопротивлении резистора R3 = 845 Ом и HL1 сопротивлением 120 Ом по уровню –3 дБ имеет верхнюю границу полосы пропускания 70 МГц.

Дроссель серии ДПМ индуктивностью 8...9 мкГн обеспечит резонанс входной цепи на частоте около 31 МГц, этот резонанс останется умеренным и создаст подъём коэффициента передачи на 10 дБ на этой частоте, что улучшит приём на частоте более 20 МГц. В целом образуется выгодная АЧХ с хорошим подавлением сигналов УКВ-диапазона на 26 дБ.

Дросселем L1 можно в широких пределах изменять АЧХ. При L1 = 0,68 мкГн и R3 = 220 Ом получится подъём до частоты 110 МГц. Но не будет того подъёма на КВ-диапазоне и дальнего КВ-приёма, в результате получится измерительная антенна с ровной АЧХ от 0,05 до 110 МГц.

Антенна имеет полноценную защиту до напряжённости поля кратковременных сигналов и помех 50 В/м до частоты 15 МГц и 15 В/м до частоты 30 МГц, а если сигнал будет продолжительным, на частотах до 35 МГц, сработает лампа накаливания HL1 и даст защиту до напряжённости поля 100 В/м по всему КВ-диапазону. Разумеется, что при этом невозможно принимать сигналы. Это позволит работать с этой АА в составе солидного радиолюбительского радиоузла. Можно в городе вести передачу на хорошую проволочную антенну, а приём — на АА с расстоянием 10...20 м между ними при мощности передатчика несколько десятков ватт.

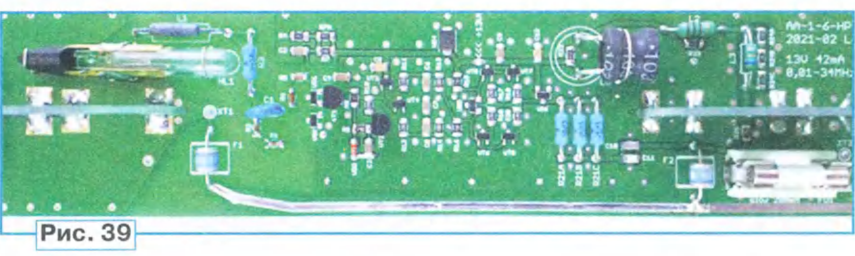


Рис. 39

Антенна оптимизирована на работу от автомобильного питания 13,8 В, но ещё при 9 В показывает завидно чистый приём и по линейности на порядок лучше, чем многие бюджетные приёмники.

В заключение устанавливают конденсаторы C10 и C11, они должны быть с номинальным напряжением не менее 50...100 В, а также газовые разрядники и лампу HL1. Проверяют АА на работоспособность с инжектором питания и приёмником.

У этой АА, как и у АА-1-4-R80, заметно отсутствие лёгкого подъёма на 1...2 дБ шумовой дорожки внутри сильно забитых радиовещательных диапазонов при хорошем прохождении. Это говорит об отличной линейности по IM_3 при реальной эксплуатации. Радует крайне чистый приём на диапазонах 15 метров и 10 метров, что является признаком малого шума и малого уровня IM_2. Смонтированная плата показана на **рис. 39**.

АА-1-7 — мощный ИП с ООС

Несмотря на то что на практике ИП на ПТ J310 в паре с BFQ149 показывает обнадёживающие результаты, была разработана АА на MOSFET в квазилинейном режиме, её схема показана на **рис. 40**.

Эта антенна имеет следующие параметры: диапазон частот 0,01...34 МГц; коэффициент передачи на нагрузке 50 Ом $K_п \approx 0,5$ (без учёта входного дросселя); входная ёмкость усилителя — 3,7 пФ; уровень шума на частоте 5 МГц на 1 дБ превышает уровень шума SDR Perseus; коэффициент шума $K_ш$ <7; линейность отличная — при входном сигнале 2×4000 мВ, $IM_2 = IM_3$ = –40 дБ; напряжение питания — 13,6 В; потребляемый ток — 62 мА; температура окружающей среды — –30...+60 °C. Защита от перегрузки — хорошая, рекомендуемая длина АЭ — до 120 см с противовесом длиной 3...4 м. Налаживание АА — несложное, но требуются самодельные теплоотводы.

Транзистор VT1 (2П305Г, 2П305И) был взят с максимально возможной крутизной (не менее 12 мА/В). Ток через него (22 мА) и через транзистор VT2 (40 мА), поэтому они снабжены самодельными теплоотводами. При токе 9...15 мА для VT1 и 30...35 мА для VT2 при напряжении питания 13,6 В теплоотводы не нужны, но динамический диапазон на 6...10 дБ меньше, это всё равно неплохой результат.

По входной цепи нет особенностей, диодная сборка 2Д707АС9 практически идентична сборке BAV99, но немного слабее по максимальному току. Светодиоды HL1 и HL2 создают напряжение смещения для транзистора VT1, при их замене следует обратить внимание на напряжение на каждом из них — 1,7 В при токе 1 мА. На месте транзистора VT1 можно применить транзистор BF987.

Особенность этой АА состоит в организации ООС и подаче тока покоя через дроссели L2 и L3. При отрицательной полуволне сигнала эти индуктивности мало меняют свой ток, и в точке соединения дросселя L2 с резистором R11 напряжение может стать даже минусовым. Таким образом, средний ток через резистор R11 и транзистор VT1 изменяется мало, что улучшает линейность входного каскада и в разы увеличивает допустимый размах сигнала на его истоке. Почти весь ток сигнала (90 %) от транзистора VT2 уходит на выход и только 10 % поступает в цепь ООС.

Номиналы резисторов R13 и R14 подобраны для получения стабильного усиления при работе на длинный кабель, чтобы при плохом КСВ и с длин-

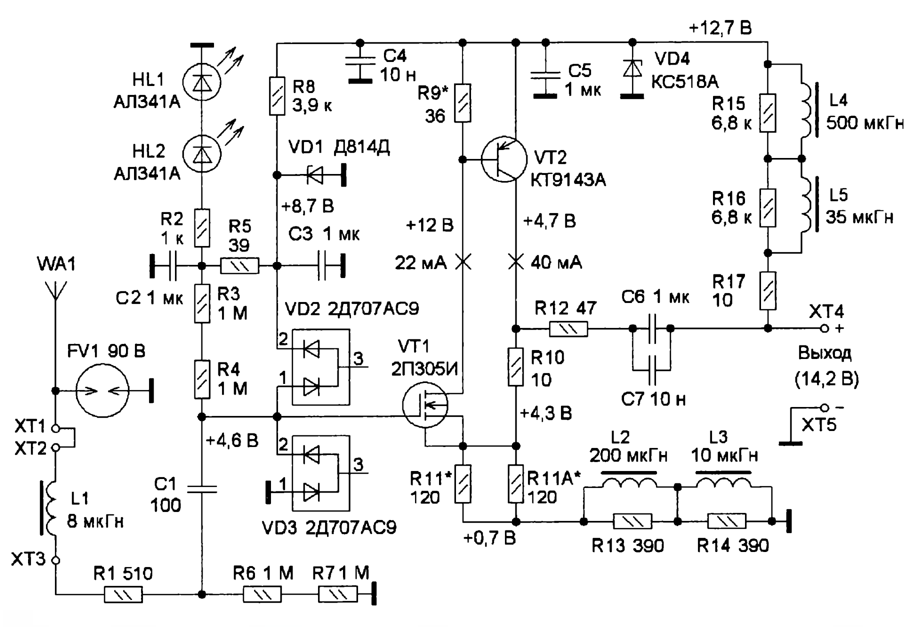


Рис. 40

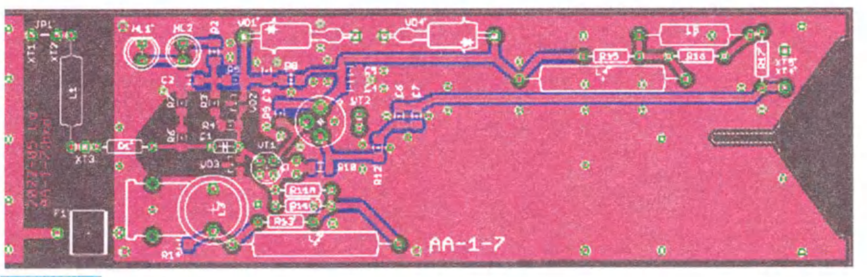


Рис. 41

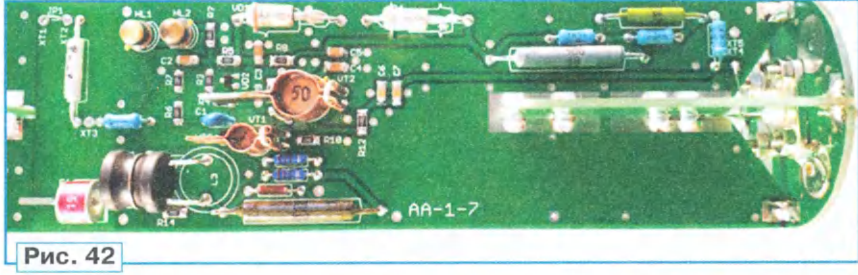


Рис. 42

ным АЭ эта АА не перешла в режим самовозбуждения.

При использовании транзистора серии КТ3108 или КТ3162 верхняя граница диапазона уменьшилась до 10...13 МГц. С транзистором серии КТ914 граница сдвинулась до 22 МГц и только на транзисторах КТ941 или КТ9143 уверенно покрывает полосу до 30 МГц с достойным качеством. Особенности ООС не позволят модифицировать этот АУ для работы при наличии мощных УКВ-сигналов, работа транзистора VT1 "на горке" тут немного выручит, но транзистор VT2 "тормозит" на УКВ.

Применение ВЧ-MOSFET существенно снижает входную ёмкость АА по сравнению с АА на транзисторе J310. Работа при максимальной крутизне и с ООС дополнительно снижает входную ёмкость АУ. С одной стороны, это хорошо, однако АА станет склонной к самовозбуждению при неблагоприятных условиях на входе и выходе. Это достигнуто за счёт резисторов R1, R10 и R12. Также важно со стороны приёмника обеспечить хороший широкополосный КСВ на фидере, резистивного аттенюатора на 6 дБ для этого достаточно.

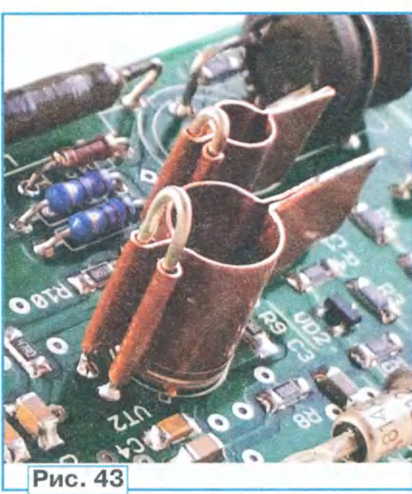


Рис. 43

Печатная плата АА-1-7 — на **рис. 41**, а смонтированная плата — на **рис. 42**.

Теплоотводы (**рис. 43**) изготовлены из медного листа толщиной 0,5 мм и обеспечивают небольшой перегрев транзисторов примерно на 10 °С выше температуры окружающего воздуха. Теплоотводы устанавливают с применением термопасты.

Сначала на плату устанавливают все элементы, за исключением R9, R11, R11A, VT2. На место R9 временно устанавливают выводной резистор сопротивлением 10 Ом. Проверяют напряжение на затворе транзистора VT1 и подборкой R11 выводят транзистор VT1 в оптимальный режим с током стока 9...25 мА в зависимости от конкретного экземпляра. Для этого подают на вход двухтональный сигнал размахом несколько вольт и добиваются минимальной интермодуляции. Записывают значение R11, но окончательно его ещё не устанавливают.

Рассчитывают номинал резистора R9 так, чтобы он при оптимальном токе транзистора VT1 на нём было 700 мВ. Далее рассчитывают суммарное сопротивление резисторов R11 и R11A с учётом тока обоих транзисторов. Потом устанавливают два резистора с одинаковым номиналом для равномерного распределения тепла.

Полностью укомплектовывают плату и измеряют токи транзисторов (косвенно, измеряя напряжения на резисторах R9 и R10). Проверяют работоспособность АА, для этого подключают коаксиальный кабель длиной не менее 1 м с нагрузкой 50 Ом. Если требуется применение кабеля сопротивлением 75 Ом, в этом случае резистор R12 должен иметь сопротивление 68 Ом.

Индуктивности в цепи истока транзистора VT1 позволят получить на истоке сигнал размахом до 2×4000 мВ (3,999/4,001 МГц), при этом образуется IM_2 = −60 дБ и IM_3 = −40 дБ. При входном сигнале 2×330 мВ от АЭ имеется IM_3 = −100 дБ (**рис. 44**), такое же подавление достигается для IM_2 при входном сигнале 2×100 мВ от АЭ, поэтому эта АА может работать с АЭ длиной до 120 см в хорошей позиции на крыше.

Генератором служил UNI-T UTG962-E после его несложной доработки по питанию DDS-процессора (фильтрация). После доработки этот бюджетный DDS-генератор имеет низкий уровень артефактов и бокового шума. Это позволит измерить динамический диапазон до −90 дБ, с продуманной компоновкой — до −100 дБ. Однако устойчивость к большим помехам заметно деградирует на частотах выше 10 МГц из-за ограниченной динамики в ООС, но это не критично, так как спектр подобных помех лежит на частотах менее 2 МГц.

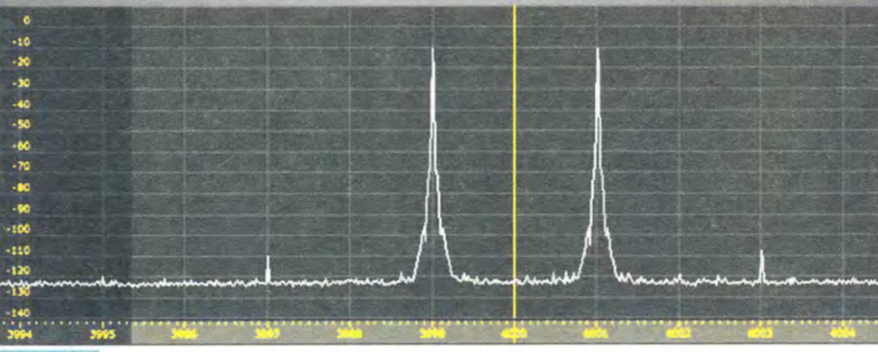


Рис. 44

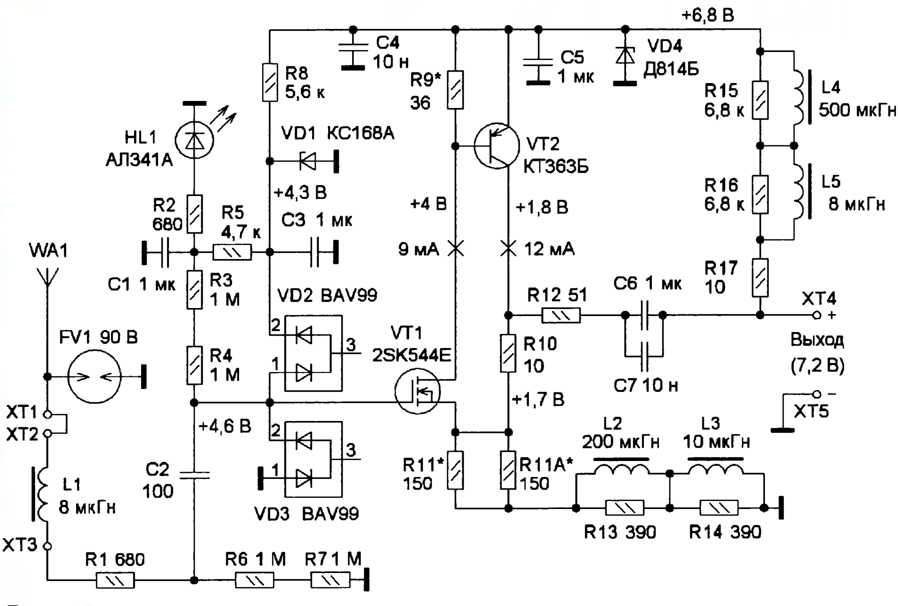


Рис. 45

Входную ёмкость измерить резонансным методом не получилось, поскольку АУ самовозбуждается. При замере с НЧ-импульсами была получена входная ёмкость 3,7 пФ. Это отличный результат, он позволит работу этой АА с малоразмерным АЭ. Тогда вместо дросселя L1 устанавливают перемычку, уменьшают сопротивление резистора R1 до 330 Ом, газовый разрядник FV1 станет не нужен.

При подключении АУ с короткозамкнутым входом к SDR-приёмнику Perseus на КВ шумовая дорожка поднимается на 1 дБ. С учётом $К_п$ = 0,5 это свидетельствует о том, что $К_ш$ по входу АУ примерно на 7 дБ хуже приёмника. Для среднечастотных КВ-диапазонов и ниже это не проблема, а на более высоких частотах трансформирующее действие дросселя L1 снизит $К_ш$ до 4 дБ, и полноценный приём до 30 МГц обеспечен.

АА-1-7-LP

На печатной плате АА-1-7 можно собрать маломощную версию этой АА (**рис. 45**) без использования теплоотводов. Эта АА на истоке транзистора VT1 обеспечит двухтональный сигнал 2×1500 мВ с искажениями –40 дБ, если кабель 75 Ом короткий (R12 = 68 Ом) и нагрузка более 500 Ом (многие переносные приёмники). Ограниченный запас по току у транзистора VT2 позволит к нагрузке 50 Ом (XT4) вырабатывать сигнал не более 2×500 мВ. Зато ниже этого уровня линейность улучшается, и уже при входном сигнале 2×50 мВ от АЭ вся интермодуляция остаётся ниже –100 дБ. Следовательно, эта АА не пригодна для установки на высокой позиции, но по линейности она на порядок лучше многих популярных переносных радиоприёмников.

Подборкой элементов L1 и R1 эта АА может дать удовлетворительный УКВ-приём при монтаже на крыше дачи и обеспечить универсальную работу всеволнового радиоприёмника внутри здания.

Телескопическая АА для mini-SDR "Малахит"

Отечественный карманный SDR "Малахит" (DSP), разработанный коллективом радиолюбителей под руководством Георгия Яцука (RX9CIM), быстро нашёл себе поклонников. Ещё на ранней стадии массовой эксплуатации первых версий стало очевидно, что классику радиоприёма с телескопической антенной (ТА) никто не отменял, и этот пробел нужно было быстро устранить подходящим усилителем.

К тому времени радиолюбителями было переделано много аналоговых радиоприёмников на приём с ТА не только на УКВ и КВ, но и на ДВ и СВ, что на природе вдали от города даёт отличный результат. Исходя из этого, автором проекта RX9CIM была сформулирована задача — разработка дополнительного модуля с АА для приёма в диапазоне 0,05...30 МГц на ТА. К тому же этот модуль должен решать задачи общей селективности, применение аттенюатора для больших антенн, подачу сигналов до частоты 2 ГГц через единственный разъём. Было рассмотрено большое число схем для АУ, однако малое напряжение питания, небольшая ёмкость автономного источника питания и высокие требования к линейности и чувствительности не дали уйти от применения малошумящего и низковольтного ВЧ-MOSFET серии 2SK544. В основе окончательного решения антенного усилителя и опционального входного модуля АА лежит схема, показанная на **рис. 46**.

Нумерация компонентов — условная и не совпадает со схемой модуля, также подстроечный резистор R4 рекомендуется позже заменить обычным. Эта АА может быть применена во многих переносных приёмниках с мелкими модификациями по обстоятельствам. На модуле в приёмнике "Малахит" АУ занимает немного места, он — на переднем плане на **рис. 47**.

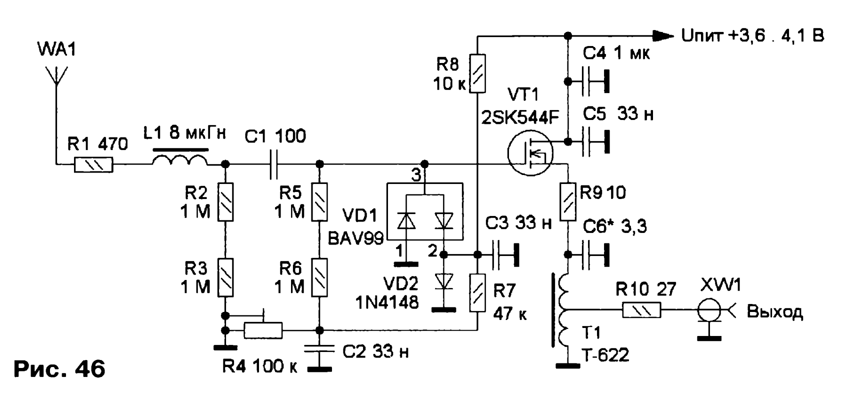
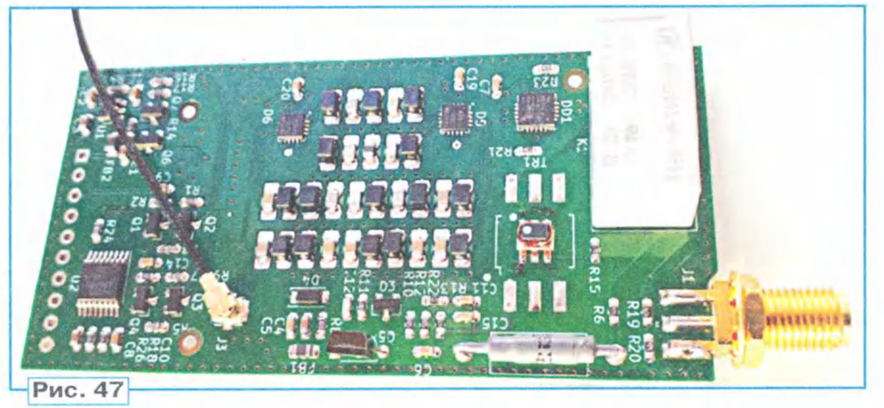


Рис. 46

АУ рассчитан на сверхмалую входную ёмкость, простоту и малое энергопо-

требление, возможность налаживания по IM. Резистором R4 можно установить глубокий минимум по IM_2. Автотрансформатор T1 предназначен для согласования с полосовым фильтром и обеспечивает выходной импеданс 50 Ом, это не решение для максимального усиле-


Рис. 47

ния, и не стоит к этому стремиться за счёт исключения резисторов R9 и R10. Трансформатор T1 вместе с резистором R10 обеспечивают нагрузку 300 Ом для транзистора VT1. Это обеспечивает высокий $K_п$ = 0,8 от затвора к истоку.

При индуктивности обмотки трансформатора T1 —120 мкГн (T-622 Minicircuits) АУ нормально работает от СДВ до частоты 50 МГц. При этом C1 надо подобрать так, чтобы НЧ-помехи на частоте менее 100 кГц не вызывали насыщения магнитопровода трансформатора, появления и большого уровня IM_2 по всему рабочему диапазону. Также эта антенна не "терпит" работу вблизи высоковольтных линий электропередач.

При разработке печатной платы была обеспечена минимальная монтажная ёмкость у входных элементов. Лишняя экранировка может это портить, внутренние помехи от цифровых узлов нужно устранить в тех узлах (блокировка, экранировка, согласование).

Чрезвычайно малая входная ёмкость АУ сводит на нет применение отдельного заградительного УКВ-фильтра, как это удалось в других АА. Поэтому сделана ставка на отличное качество отечественных дросселей серии ДМ (ДПМ), и их замена импортными изделиями не даст нужного результата. Этот дроссель на входе увеличивает чувствительность на высокочастотных КВ-диапазонах, и номинал 3...12 мкГн надо подобрать в сочетании с самой ТА и резистором R1. При этом немаловажную роль сыграет размер корпуса или противовеса.

Очень приятно удивила АА своей линейностью на нагрузке 50 Ом. Она проверялась при напряжении питания 4,8 В, но и при напряжении 3,3 В, и коррекцией режима подстроечным резистором R4 ДД этой АА оказался хуже только на 6 дБ. Коэффициент передачи при этом уменьшился на 1 дБ. Уровень IM_3 слабо зависит от режима работы, а IM_2 можно всегда наладить резистором R4 на глубокий минимум, лучше чем IM_3. В последующих фильтрах во избежание прямой ёмкостной нагрузки предпочтительно использовать ФНЧ, на входе которого установлен дроссель.

Предельный режим без защитных диодов достигнут при входном сигнале 2×1800 мВ, когда IM_3 = –40 дБ и IM_2 = = –60 дБ, это при нагрузке выхода усилителя ФНЧ PLP-10,7 от Minicircuits с суммарной входной ёмкостью 1,2 нФ и затуханием 2 дБ. При использовании ФНЧ импедансом 50 Ом был получен сигнал 2×450 мВ на нагрузке 50 Ом.

При входном сигнале 2×120 мВ на нагрузке 50 Ом после ФНЧ получилось IM_3 = –76 дБ и IM_2 = –83 дБ, и это примерно соответствует полному допустимому размаху для тракта с АЦП у DSP-SDR "Малахит" и многих других бюджетных SDR. Защитные диоды на этот уровень уже "отзываются", так как на затворе при этом имеется размах 2×450 мВ. При сигналах 2×100 мВ на ТА вся IM осталась явно ниже –90 дБ, однако на практике такие уровни сигнала редки.

При использовании транзистора BF987 оптимальный ток стока будет 8 мА (4,8 В) и допускается на входе на 50 % больше уровня смеси сигналов без ухудшения параметров по IM. Но сам транзистор BF987 не достигает всех своих возможностей из-за низкого напряжения питания.

В целом получилась достойная активная ТА для работы радиоприёмника в хороших местностях, так как использован MOSFET в квазилинейном режиме вместо "параболического" JFET.

Несмотря на отличные результаты с входным усилительным каскадом с ИП и его универсальность, эти каскады не могут решать все задачи при "разборках" с антенной проблемой. Особенно интересно остаётся снижение шума на частотах ниже 3 МГц, и тут не хватает схемных решений с малошумящими JFET, но об этом в следующем разделе.

***От редакции**. Чертежи печатных плат и дополнительные материалы находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/08/AA-6-2.zip** на нашем FTP-сервере.*

Гибридный УМЗЧ "Дуэт-2"

***В. ФЕДОСОВ**, г. Краснодар*

В статье приводится описание схемы одного канала мощного высококачественного гибридного усилителя, который является усовершенствованным вариантом УМЗЧ "Дуэт" [1].

История гибридных усилителей началась в 60-х годах прошлого столетия и была кратко описана в [1], там же описаны некоторые технические решения, которые применяют различные изготовители. Обычно лампы в таком усилителе применяются в предварительной части, а транзисторы — в выходном каскаде, где они усиливают ток и в результате — мощность сигнала. Зачастую связь между ламповым драйвером и выходным каскадом — ёмкостная. Такая связь упрощает схему и соответственно уменьшает стоимость усилителя. Между тем, гальванические связи имеют определённые преимущества в передаче низкочастотных сигналов и высокочастотных импульсов. Поэтому лучший выбор — гальваническая связь.

Схема одного канала усилителя показана на **рис. 1**. Сигнал с входного разъёма XS1 попадает на регулятор уровня громкости — переменный резистор R6. В качестве регулятора уровня можно применить моторизованный сдвоенный переменный резистор серии ALPC или лестничный регулятор Никитина. Резистор R7 и конденсатор C6 образуют ФВЧ. Далее сигнал поступает на каскодный усилитель на транзисторах VT3, VT4. Ток через них — 1 мА задан резистором R18. Конденсаторы C5, C7, C9 позволяют получить максимальный коэффициент усиления. Этот каскодный усилитель собран по схеме ОЭ—ОБ и известен своей широкополосностью и

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 1

в нём практически отсутствует эффект Миллера, поскольку заземлённая по переменному току база транзистора VT4 экранирует вход усилителя от его выхода.

Для наглядности обратимся к **рис. 2**, где показаны АЧХ каскодного усилителя (красный цвет) и усилителя по схеме с общим эмиттером (синий цвет). Для каскодного усилителя верхняя граница полосы пропускания — около 5 МГц, для усилителя с общим эмиттером — около 2 МГц. Затем сигнал усиливается по току транзистором VT6 и поступает в катод лампы VL1. Два триода этой лампы (6Н1П) включены параллельно для отдачи большего тока и уменьшения выходного сопротивления. Напряжение смещения на сетку лампы (0,7 В) образуется за счёт диода VD8, включённого в цепь её катода, и поступает на неё через резистор R23. Конденсатор C12 заземляет сетку по переменному напряжению.

Таким образом, получается структурная схема драйвера — усилителя напряжения структуры ОЭ—ОБ—ОК—ОС. Этот усилитель имеет максимально широкую полосу пропускания, большой коэффициент усиления и большой размах выходного напряжения за счёт применения в анодной цепи лампы индуктивной нагрузки — дросселя L1. Это позволило исключить высоковольтный источник питания плюсовой полярности. Распределение усиления в этом усилителе следующее. Каскодный усилитель на транзисторах VT3 и VT4 имеет

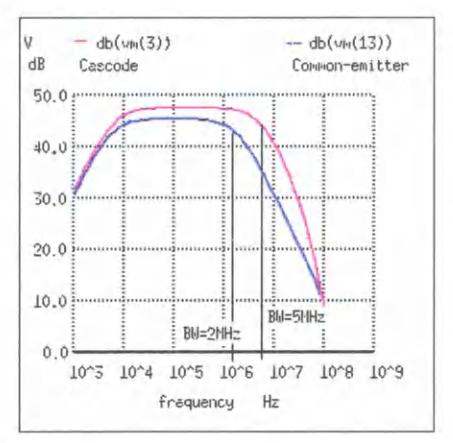


Рис. 2

коэффициент усиления около 54, каскад с общей сеткой — около 33, поэтому общий коэффициент усиления — около 1780. Максимальный размах напряжения на аноде лампы — 140 В. К примеру, при выходном напряжении 30 В на катоде лампы будет сигнал напряжением всего 0,9 В.

Полоса пропускания драйвера — от 4 Гц до 300 кГц, она ограничена сверху ООС через RC-цепь R13C8. Если при подключении ООС возникает генерация на ВЧ, необходимо увеличить ёмкость конденсатора C8. Зная максимальное выходное напряжение $U_{макс}$ и верхнюю граничную частоту $F_{макс}$, можно определить и максимальную скорость нарастания выходного напряжения драйвера $V_{макс} = 2 \cdot F_{макс} \cdot U_{макс}$, где $F_{макс}$ — частота в мегагерцах; $U_{макс}$ — максимальное напряжение в вольтах; $V_{макс}$ — скорость нарастания в вольтах на миллисекунду. Поэтому $V_{макс} \approx 264$ В/мкс. Чем больше скорость нарастания, тем более устойчиво работает ООС. В итоге на реальных сигналах, скорость нарастания которых не превышает 20...30 В/мкс, динамическая линейность драйвера оказывается высокой.

В усилителе два стабилизатора напряжения. Первый собран на полевом транзисторе VT2 и стабилитроне VD5. Его выходное напряжение — 14,4 В. Это напряжение используется для питания ОУ DA1 и каскодного транзисторного усилителя. Второй, управляемый стабилизатор напряжения, собран на полевом транзисторе VT5. С его помощью осуществляется установка нулевого постоянного напряжения на выходе усилителя, которая происходит следующим образом. К примеру, при появлении положительного напряжения на выходе усилителя выходное напряжение на выходе ОУ DA1 становится плюсовым, и ток коллектора транзистора VT1 увеличивается. Соответственно увеличивается падение напряжения на резисторе R21, что приводит к уменьшению напряжения на истоке транзистора VT5 и дросселе L1, а значит, и на выходе УМЗЧ. При токе 18 мА через дроссель L1 на нём падает напряжение

VD9 1N4005 R32 300 28 мА VT15–VT18 КТ8101А +56 В
C11 10000 мк х х 63 В
C13 10000 мк х х 63 В
L1
VT11 КТ850А
VT13 КТ8101А
R24 2,2 к R30 1 к VT9 КТ502Е
C10 1 мк
VT15 VT16 VT17 VT18
VT7 КТ814А R25 1 к
R33 1 к VT10 КТ502Е
VD10 VD12 VD14 VD16
VT8 КТ503Е R34 1 к R35 2,2 к
R38 51 R39 0,33 R41 0,33 R43 0,33 R45 0,33
Выход
VL1 6Н1П 1, 6 2, 7 C12 1 мк 3, 8 5 4
R36 1 к R40 0,33 R42 0,33 R44 0,33 R46 0,33
R31 15 к
~6,3 В
R37 510
VD11 VD13 VD15 VD17
VD8 КД521А R26 1 к R29 33 к
R23 300 к R27 1 к
VT19 VT20 VT21 VT22
VT6 КТ851А R28 33 к HL1 VT12 КТ851А VT14 КТ8102А
C14 10000 мк х х 63 В
-56 В
18 мА VD10–VD17 КД521А VT19–VT22 КТ8102А
-250 В

около 27 В. В качестве дросселя использована сетевая обмотка малогабаритного трансформатора ТПГ-2, активное сопротивление которой — 1500 Ом. Диод VD9 препятствует разрядке конденсатора C11 во время просадки напряжения на плюсовой линии питания +56 В.

С анода лампы сигнал подаётся на мощный выходной двухтактный каскад на биполярных транзисторах — тройку Дарлингтона. Ток, совместно отбираемый базами VT11 и VT12 от лампы 6Н1П, при выходном напряжении 30 В и нагрузке 4 Ома не превышает 1 мА. Поэтому эти транзисторы практически не нагружает ламповый каскад. Триоды выходной лампы 6Н1П, включённые параллельно, развивают мощность 3,96 Вт. За счёт ООС по напряжению и параллельному включению триодов сопротивление лампового драйверного каскада существенно снижается.

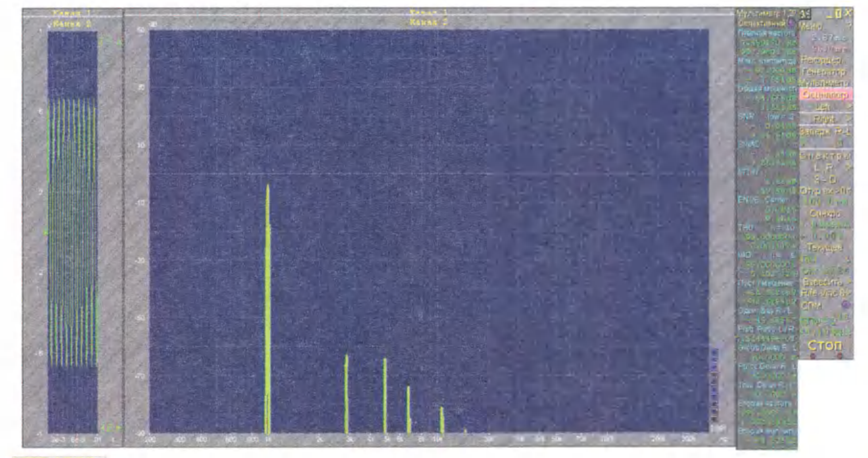


Рис. 3

Основные технические характеристики усилителя

Номинальное входное напряжение, В 2
Номинальное сопротивление нагрузки, Ом 4
Номинальная выходная мощность, Вт 306
Коэффициент нелинейных искажений, % . . . . .0,023.

При выходном напряжении 15 В выходная мощность — 56 Вт, коэффициент нелинейных искажений — 0,016 %. При выходном напряжении 30 В выходная мощность — 225 Вт, коэффициент нелинейных искажений — 0,02 %.

С помощью транзистора VT7 устанавливается напряжение смещения транзисторов выходного каскада. Подстроечным резистором R24 устанавливают ток покоя выходного каскада 120...180 мА, его значение определяется эффективностью применённых теплоотводов. Транзистор VT7 закреплён на теплоотводе вместе с выходными транзисторами и выполняет функцию термостабилизации тока покоя. Транзисторы VT11—VT14 во всём интервале входных напряжений работают без отсечки в режиме класса А. Более подробно о выходном каскаде и о подборе транзисторов для него рассказано в [1]. Выходной каскад дополнен узлом защиты от перегрузки и КЗ, который собран на транзисторах VT8—VT10, который работает следующим образом. При достижении определённого уровня выходного тока на резисторах R39—R46 появится напряжение, которое через диоды VD10—VD17 будет приложено к

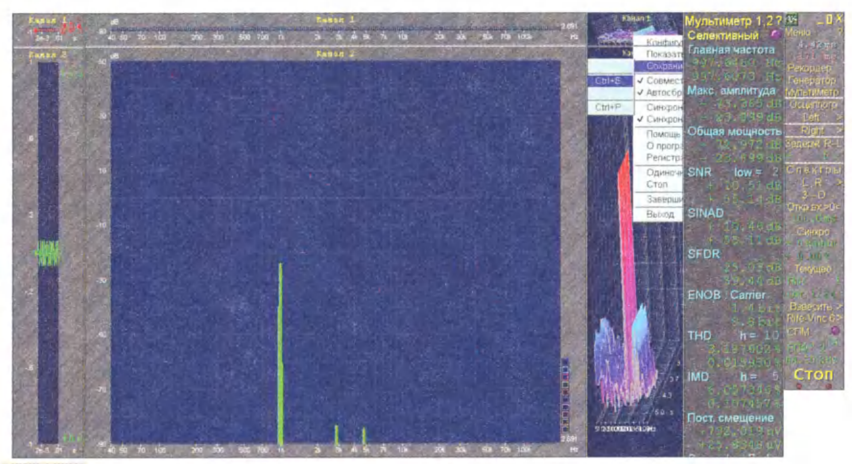


Рис. 4

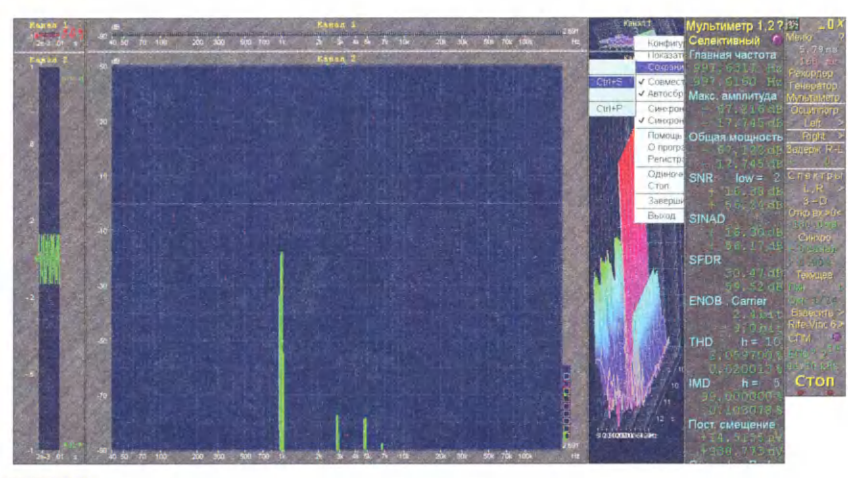


Рис. 5

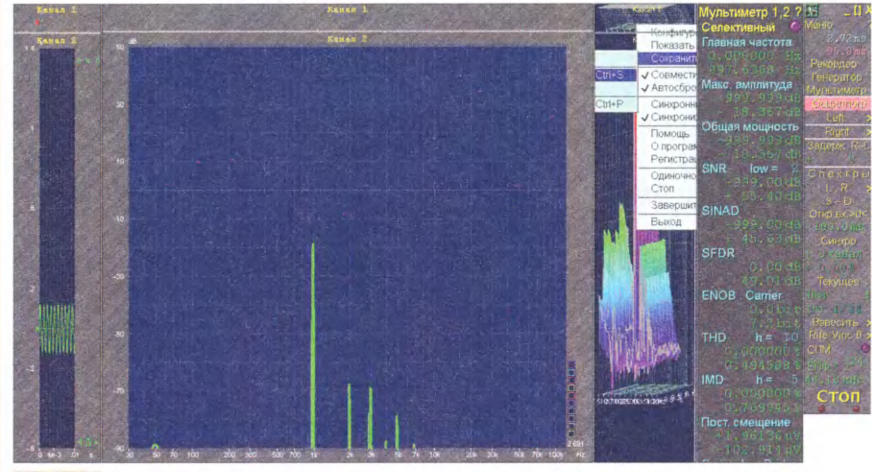


Рис. 6

эмиттерному переходу транзистора VT10. Если этот транзистор откроется, он включит аналог тиристора, собранного на транзисторах VT8, VT9. Вследствие этого напряжение между базами транзисторов VT11 и VT12 уменьшится, они закроются, а вслед за ними закроются транзисторы выходного каскада. Порог срабатывания узла защиты устанавливают подстроечным резистором R35. При срабатывании защиты включится светодиод HL1. Для восстановления работоспособности усилителя его необходимо выключить, затем включить через несколько десятков секунд.

Спектр выходного сигнала усилителя был исследован с помощью программного комплекса Шмелёва. Выходной сигнал контролировался осциллографом и автоматическим измерителем нелинейных искажений СК6-13. Из приведённых ниже рисунков можно самостоятельно сделать вывод о вреде или о пользе ООС в гибридном усилителе. На **рис. 3** показан спектр генератора измерителя нелинейных искажений СК6-13. Этот спектр необходимо сравнивать со спектром выходного сигнала, ориентируясь при этом на величину второй гармоники, которой нет во входном сигнале. На **рис. 4** показан спектр выходного сигнала частотой 1 кГц при выходном напряжении 15 В и сопротивлении нагрузки 4 Ома (выходная мощность — 56 Вт). На **рис. 5** показан спектр выходного сигнала при выходной мощности 225 Вт. На **рис. 6** показан спектр выходного сигнала при выходной мощности 225 Вт без цепи ООС, при этом коэффициент нелинейных искажений — 0,49 % при входном напряжении 0,45 В и коэффициенте усиления драйвера — 66.

Цепь ООС подавляет как внутренние шумы, так и наводки от цепей питания, а также уменьшает нелинейность выодного каскада и уменьшает его выходное сопротивление. Это можно проследить по **рис. 7**, сравнив его с рис. 3. На рис. 7 показан спектр выходного сигнала мощностью 225 Вт, без цепи ООС, коэффициент нелинейных искажений — 0,71 %. При этом усиление по напряжению — 1780, входное напряжение — 0,017 В. Уменьшение коэффициента усиления до 66 достигается путём отключения конденсаторов С5, С7, С9.

Изучив спектры и оценив искажения, показанные на рис. 3—рис. 7, можно сделать вывод, что вводить общую ООС в подобный гибридный усилитель имеет смысл, и это весьма полезно. Низкое выходное сопротивление усилителя за счёт лучшего демпфирования АС будет снижать искажения переходной характеристики, которые проявляются как эффекты "размытости", "гудения" и "запаздывания баса". В предложенном усилителе обратной связью охвачены изначально линейный каскодный транзисторный усилитель, ламповый каскад и повторитель на биполярных транзисторах с подобранными парами, что подтверждает рис. 4. ООС по постоянному и переменному напряжению обеспечивает стабильность параметров усилителя во времени и в разных условиях эксплуатации.

Сигнал с выхода CD-плейера можно подавать на усилитель непосредственно, не используя предварительный усилитель. Глубина ООС и чувствительность усилителя зависят от сопротивления резистора R10. Если необходимо изменить чувствительность усилителя, следует подобрать нужный номинал резистора R10. К примеру, для увеличения чувствительности сопротивление этого резистора необходимо увеличить.

Гибридный усилитель "Дуэт-2" за счёт лампового каскада усиления напряжения имеет спектр лампового усилителя, а за счёт ООС — малые нелинейные искажения. Резисторы R39—R46 в эмиттерных цепях выходных транзисторов VT15—VT22 позволяют равномерно распределять рассеиваемую мощность и обеспечивать устойчивости

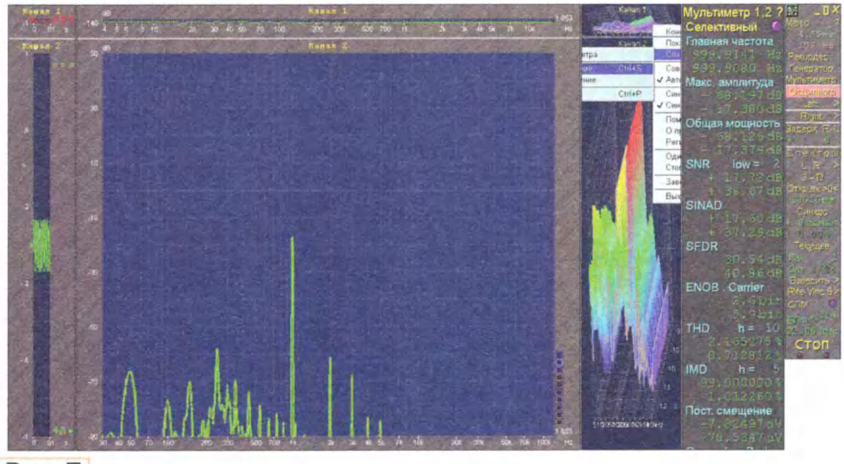


Рис. 7

усилителя во время работы. Протекание тока с подогревателя на катод у лампы VL1 устраняется подачей закрывающего напряжения на накал. Это напряжение снимается с делителя напряжения R28R29.

В налаживании каскодный транзисторный и ламповый усилитель не нуждаются. Необходимо только установить оптимальный ток покоя выходного каскада и настроить защиту выходного каскада от КЗ. Рекомендации по настройке защиты можно прочитать в описании усилителя Н. Сухова [2]. Блок питания каких-либо особенностей не имеет. Следует учесть, что на выходе усилителя необходимо установить узел защиты АС от постоянного напряжения. При монтаже и сборке необходимо придерживаться общеизвестных правил монтажа подобных конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Федосов В.** Гибридный УМЗЧ "Дуэт". — Радио, 2022, № 1, с. 8—13.

2. **Сухов Н.** УМЗЧ высокой верности. — Радио, 1989, № 6, с. 55—57; № 7, с. 57—61.

Из истории компании Texas Instruments. Микросхемы прямого цифрового усиления PurePath™

Ю. ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ, г. Таганрог Ростовской обл.

Компания Texas Instruments (г. Даллас, США) — одна из крупнейших мировых разработчиков и производителей аналоговых и цифровых микросхем самого различного назначения, в том числе предназначенных для звуковых приложений. Компания обеспечивает поставки своей продукции через глобальных и региональных дистрибьюторов электронных компонентов, в том числе имеющих офисы в России, например Arrow Electronics.

Свою 92-летнюю историю компания ведёт с 1930 г., когда группа инженеров (Юджин Мак Дермот, Сесил Грин, Джон Джонсон, Генри Пикок) из компании Geophysical Service (GSI) занялась исследованиями методов отражённых сейсмических волн для обнаружения нефтяных пластов (в 1941 г. основатели выкупили GSI за 275 тыс. долл.).

После начала Второй мировой войны компания получила контракт на разработку аппаратуры для обнаружения подводных лодок. В 1945 г. в компанию был принят Патрик Хаггерти из бюро закупок ВМС, после чего производство радиоэлектронной аппаратуры для военных целей стало одним из основных видов деятельности компании (оборот GSI в 1950 г. составил 7,6 млн долл., число сотрудников — 1128).

В 1951 г. компания сменила название на Texas Instruments (TI), а в мае 1952 г. стала одним из покупателей лицензии на производство германиевых транзисторов у фирмы Western Electric.

Значительных успехов в производстве транзисторов компания добилась после принятия в 1952 г. на работу Гордона Тила (Gordon Kidd Teal, 1907—2003 гг.) из компании Bell Laboratories. Гордон Тил известен созданием технологии выращивания кристаллов германия для изготовления транзисторов, впервые в мире созданных группой Уильяма Шокли из Bell Laboratories. На ***рис. 1 на 3-й с. обложки*** — разработчик процесса выращивания монокристаллов германия и кремния по методу Чохральского Гордон Тил (справа) и изобретатель плоскостного транзистора Морган Спаркс.



Рис. 2

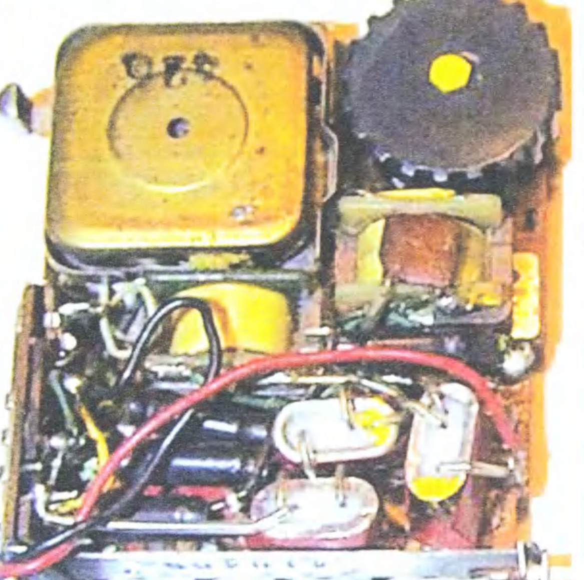


Рис. 3

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Первые экземпляры точечных транзисторов (Type 100, Type 101) TI продемонстрировала уже в августе 1952 г., однако в массовое производство они не пошли. Серийные транзисторы Type 102 (**рис. 2**) и Type 103 с улучшенными параметрами в герметичных корпусах были представлены в сентябре 1953 г. В 1954 г. в таких же корпусах были выпущены и первые плоскостные n-p-n транзисторы Type 200, Type 201, обладающие высокой надёжностью и большой рассеиваемой мощностью. Одними из первых приборов, в которых были применены транзисторы TI, были слуховые аппараты Sonotone 1111 (**рис. 3**), для производства которых фирма Sonotone сделала заказ на 7500 транзисторов TI (Type 204, Type 205).

Первые германиевые транзисторы компании были маломощными и низкочастотными, что существенно ограничивало их применение, особенно в такой перспективной сфере, как портативные радиоприёмники. Однако уже в 1954 г. в компании были созданы высокочастотные транзисторы Type 222 (УПЧ) и Type 223 (гетеродин), нашедшие применение в прототипе радиоприёмника Regency TR-1.

Мощные (12 Вт) сплавные германиевые транзисторы Type 356 (2N250), Type 356A (2N251) были запущены в производство в 1956 г., приборы нашли применение в автомобильных радиоприёмниках.

Для разработки кремниевых транзисторов в компании была создана специальная группа (Silicon Transistor Team). Первые коммерческие кремниевые транзисторы серии 900 были выпущены в 1956 г. Тогда же были выпущены и версии транзисторов для ВМФ США — USN 2N117 (Type 903) и USN 2N118 (Type 904), предназначенных для жёстких условий эксплуатации (**рис. 4**).

В сентябре 1958 г. сотрудник TI Джек Килби (Jack St. Clair Kilby, 1923—2005 гг.) продемонстрировал первую действующую микросхему. Последствия этого события оказались столь значительными, что через 42 года были отмечены Нобелевской премией. На ***рис. 5 на 3-й с. обложки*** Джек Килби (слева) получает Нобелевскую премию по физике из рук Короля Швеции Карла XVI Густава 10 декабря 2000 г.

Первая микросхема Д. Килби представляла собой полоску германия размерами 10×1,6 мм, на которой сформированы элементы автогенератора колебаний — меза-транзистор, конденсатор на p-n переходе и объёмный резистор (часть германиевой пластины).

Уже в 1960 г. компания выпустила ряд логических микросхем в керамических позолоченных корпусах, предназначенных для жёстких условий эксплуатации — SN511A (триггер), SN515A (логический элемент ИЛИ, ***рис. 6 на 3-й с. обложки***), SN393A, SN394A, SN395A, SN366A и др. Микросхемы высокой надёжности компании с успехом применялись в оборудовании космических аппаратов "Аполлон" лунной программы НАСА.

Компания выпускает широкую номенклатуру микросхем для звуковых приложений, в каталогах TI представлены такие категории продуктов, как различные усилители, в том числе операционные, преобразователи (АЦП/ЦАП), цифровые сигнальные процессоры (DSP), ШИМ-процессоры, цифровые интерфейсы (S/PDIF), усилители мощности класса D и ряд других видов микросхем. В области аудиотехники классов Hi-Fi/Hi-end роль продуктов TI стала особенно заметна после приобретения в 2000 г. компании Burr-Brown, известной своими высококачественными ОУ, ЦАП и АЦП для аудиоаппаратуры высшего класса.

Микросхемы для реализации технологии прямого цифрового усиления компания начала выпускать ещё до первого использования торговой марки PurePath™ (дословно "чистый путь") в 2002 г. Так, в 2001 г. TI пред-



Рис. 4

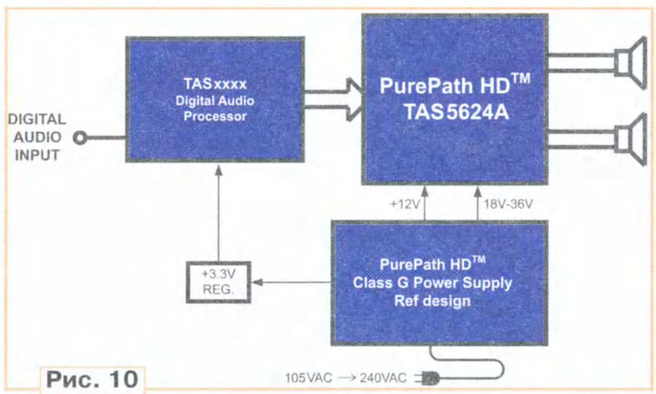


Рис. 10

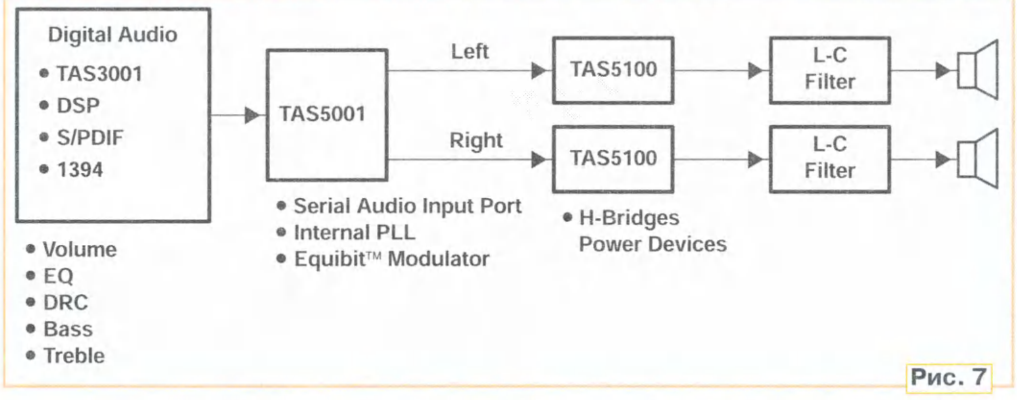


Рис. 7

TAS5111

SLES049D – JULY 2003 – REVISED MARCH 2004

DIGITAL AMPLIFIER POWER STAGE

PUREPATH DIGITAL™

Рис. 8

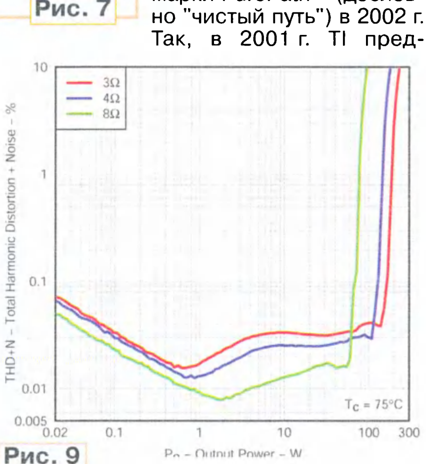
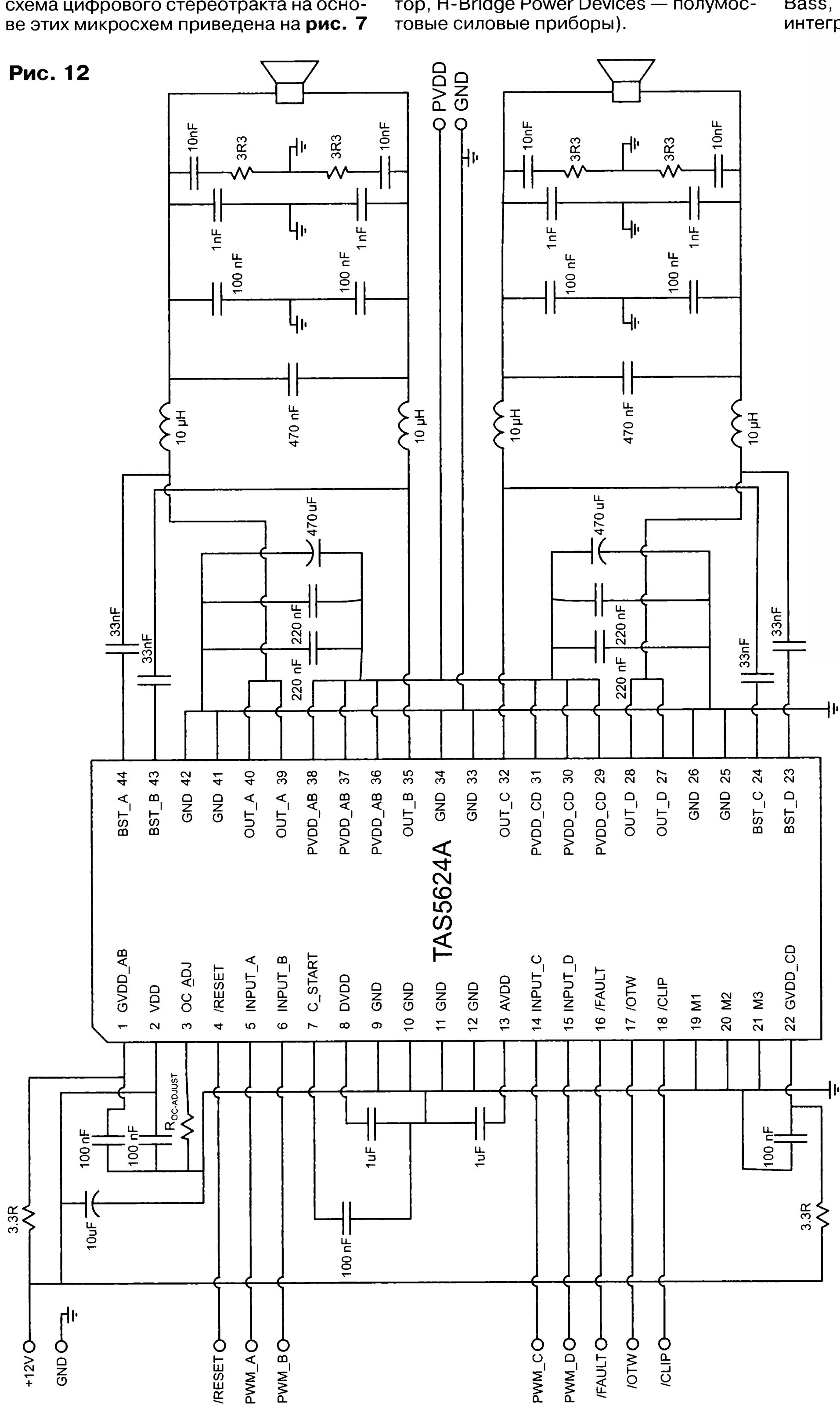


Рис. 9

ставила один из первых комплектов микросхем для системы прямого цифрового усиления, получивший название TDAA (True Digital Audio Amplifier — настоящий цифровой аудиоусилитель). В комплект входят микросхемы TAS3001, TAS5001 и TAS5100, функциональная схема цифрового стереотракта на основе этих микросхем приведена на **рис. 7** (Digital Audio — цифровое аудио, Left — левый канал, Right — правый канал, Filter — фильтр, Volume — громкость, Bass — тембр НЧ, Treble — тембр ВЧ, Serial Audio input port — входной последовательный звуковой порт, Internal PLL — внутренняя ФАПЧ, modulator — модулятор, H-Bridge Power Devices — полумостовые силовые приборы).

Рис. 12



Микросхема TAS3001 представляет собой 32-разрядный цифровой процессор, предназначенный в основном для применения в CD/DVD-ресиверах и обеспечивающий регулировку громкости и тембра по низким и высоким частотам в цифровом виде (Volume, Bass, Treble). В микросхему также интегрированы шестиполосный цифровой эквалайзер (EQ) и контроллер динамического диапазона DRC (Dynamic Range Controller), форматы входных и выходных ИКМ последовательных данных — 16/18/20-бит I^{2}S с левым и правым выравниванием (Left/Right Justified), управление режимами осуществляется по последовательному интерфейсу I^{2}C.

Микросхема TAS5001 обеспечивает преобразование сигналов с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ/PCM) в широтно-импульсно-модулированные сигналы (ШИМ/PWM), технология такого преобразования получила фирменную торговую марку Equibit™. ШИМ-сигналы левого и правого каналов с выходов микросхемы поступают на одноканальные усилители мощности TAS5100 с внешними ФНЧ (LC Filter), обеспечивающие подавление ШИМ-заполнения и пропускание звуковых составляющих сигналов. На вход микросхемы TAS5001 могут подаваться цифровые последовательные 16/20/24-разрядные сигналы с частотами дискретизации 32/44,1/48/88,2/96 кГц. Связка TAS5001/TAS5100 обеспечивает выходную мощность 30 Вт на нагрузке 6 Ом на частоте 1 кГц, при этом коэффициент гармонических искажений с шумом (THD + N) не превышает 0,08 %, а динамический диапазон — не менее 93 дБ. Эффективность (КПД) усилителя мощности TAS5100 — не менее 90 %. Рекомендованные производителем области применения микросхем — DVD audio, системы домашнего кинотеатра, автомобильные приложения, музыкальные интернет-приложения, мини/микрокомпонентные системы.

Для реализации технологии прямого цифрового усиления необходимы усилители мощности класса D с ШИМ-входами, микросхемы TI этой категории имеются в сериях TAS51xx, TAS52xx, TAS53xx, TAS54xx, TAS56xx, TAS57xx, однако далеко не все микросхемы этих серий имеют торговую марку PurePath™ или PurePath Digital™, принадлежность той или иной микросхемы к группе усилителей с этой торговой маркой можно определить только по технической документации конкретных микросхем.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Большую часть продуктов под торговой маркой PurePath Digital™ (**рис. 8**) составляют усилители мощности ШИМ-сигналов класса D под названием Digital Amplifier Power Stage (мощный цифровой усилительный каскад). Коротко рассмотрим особенности некоторых микросхем этой группы.

TAS5110A (2003 г.) — отличается от рассмотренной выше TAS5100 большей выходной мощностью (40/50 Вт при THD = 0,1/10 %), микросхема рассчитана на совместную работу с ШИМ-процессорами серии TAS50xx и цифровым процессором TAS3001.

TAS5111 (2003 г.) — двухканальный усилитель мощности (УМ) ШИМ-импульсов с выходной мощностью в мостовом включении 70 Вт на нагрузке 4 Ом при THD не более 0,2 %.

TAS5112A (2003 г.) — двухканальный УМ ШИМ-импульсов с выходной мощностью 2×50 Вт на нагрузке 6 Ом при THD не более 0,2 %, микросхема рассчитана на совместную работу с ШИМ-процессором TAS5026.

TAS5132 (2006 г.) — четырёхканальный УМ ШИМ-сигналов с выходной мощностью в стереорежиме 2×25 Вт на нагрузке 6 Ом, рассчитанный на совместную работу с ШИМ-процессором TAS5508.

TAS5176 (2007 г.) — шестиканальный УМ ШИМ-сигналов с выходной мощностью 5×15 Вт + + 1×25 Вт, рассчитан на работу с ШИМ-процессором TAS5086.

TAS5261 (2006 г.) — мощный мостовой монофонический усилитель ШИМ-сигналов с выходной мощностью до 315 Вт, рассчитанный для работы с ШИМ-процессорами серии TAS55xxx.

TAS5352 (2007 г.) — мощный стереофонический усилитель ШИМ-сигналов с выходной мощностью до 2×125 Вт при работе с ШИМ-процессором TAS5518.

TAS5611A, TAS5612 (2010 г.) — стереофонические усилители ШИМ-сигналов с выходной мощностью до 2×125 Вт и полосой пропускания до 80 кГц.

TAS5613A, TAS5614A, TAS5616 (2010 г.) — мощные усилители ШИМ-сигналов с выходной мощностью до 2×150 Вт или 1×300 Вт и очень малыми искажениями (THD не более 0,03 % на малом сигнале).

TAS5624A (2012 г.) — стереофонический усилитель ШИМ-сигналов с выходной мощностью до 2×150 В и очень малыми искажениями на малом сигнале (THD не более 0,025 %).

TAS5631 (2010 г.) — мощный стереофонический усилитель ШИМ-сигналов с выходной мощностью до 2×300 Вт или 1×600 Вт и полосой пропускания до 80 кГц.

По определению самой компании TI, качество звуковоспроизведения систем с усилителями класса D и ШИМ-входами, выполненными по технологии PurePath™, должно быть не хуже, чем обеспечивают аналоговые Hi-Fi усилители класса AB. В первую очередь, к инструментально измеряемым характеристикам звукового тракта относится коэффициент гармонических искажений, для усилителей PurePath™ он не должен превышать 0,03 %. В качестве примера реализации таких требований рассмотрим особенности микросхем TAS5622, TAS5624A (2012—2016 гг.).

Микросхемы позиционируются как усилительные стерео- или монокаскады класса D высокого разрешения с цифровыми входами (PurePath™ HD Digital Input Class-D Power Stage) и являются более мощными функциональными аналогами микросхем TAS5612A, TAS5614A. Предусмотрены три основных варианта включения микросхем — четыре канала с несимметричным включением SE (Single-ended), два канала с мостовым включением нагрузки BTL (Bridge Tied Laud) и один канал с параллельным мостовым включением нагрузки PBTL (Paralleled BTL). Основные особенности и характеристики микросхем TAS5622A/TAS5624A.



Рис. 14

• Технология PurePath™ HD с интегрированной обратной связью обеспечивает следующие характеристики: не более 0,025 % THD при $P_{вых}$ = 1 Вт на нагрузке 4 Ом, подавление пульсаций источника питания PSRR не менее 65 дБ, отношение сигнал/шум со взвешивающим фильтром типа A не менее 105 дБ. На **рис. 9** (Total Harmonic Distortion + Noise — коэффициент гармонических искажений + шум, P_o — Output Power — W — Рвых — выходная мощность — Вт) приведены зависимости THD + шум усилителей микросхемы TAS5624A в мостовом включении BTL от выходной мощности при различных сопротивлениях нагрузки. Как видно из диаграмм, наименьший уровень искажений усилителей микросхемы наблюдается при выходной мощности в районе 1 Вт, а минимальный THD + шум в пределах 0,01 % обеспечивается при сопротивлении нагрузки 8 Ом. При выходной мощности менее 1 Вт наблюдается рост THD + шум за счёт увеличения доли шумов.

• Выход для управления источником питания класса G (Preclipping Output) — с выходным напряжением, зависимым от текущего уровня звукового сигнала. Важность применения узлов антиклиппирования и источника питания класса G иллюстрируется диаграммами на рис. 9, на которых видны точки резкого роста искажений на большом сигнале. Использование таких узлов позволяет снизить вероятность клиппирования при пиковых значениях звуковых сигналов. Построение тракта PurePath HD™ на основе микросхемы TAS5624S и источника питания класса G показано на **рис. 10** (Digital Audio Input — цифровой аудиовход, Digital Audio Processor — цифровой аудиопроцессор).

• Уменьшенные размеры теплоотводов охлаждения за счёт применения в оконечных каскадах полевых МОП-транзисторов с изолированным затвором (MOSFET) с сопротивлением открытого канала — не более 40 мОм, что обеспечивает низкие потери и высокую эффективность (более 90 %). Микросхемы выполнены по технологии PowerPad™ в малогабаритных корпусах HTSSOP44 (DDV44) размерами всего 14×6,1× ×1,2 мм (***рис. 11 на 3-й с. обложки***).

Выходная мощность при THD = 1 % — 2×105 Вт/125 Вт (BTL) на нагрузке 4 Ом, 1×210 Вт/250 Вт (PBTL) — на нагрузке 2 Ом.

Типовое включение в мостовой конфигурации (BTL) микросхемы TAS5624A, а также TAS5622A приведено на **рис. 12**. Дифференциальные входные ШИМ-сигналы левого и правого каналов подаются на выводы PWM_A/PWM_B и PWM_C/PWM_D, частота следования ШИМ-импульсов, рекомендованная производителем, должна находиться в пределах 350...500 кГц. Подавление ШИМ-несущей на выходах микросхем обеспечивают Г-образные LC-фильтры с индуктивностями 10 мкГн и ёмкостями около 0,6 мкФ. Напряжения питания на микросхему подаются по цепям GVDD (+12 В) и PVDD (от 12 В до 36/38 В).

В помощь разработчикам цифровой аудиотехники компания TI выпустила отладочный модуль (Evaluation Module/EVM) TAS5622—TAS5624DDVEVM для отработки решений на основе рассматриваемых микросхем и ШИМ-процессора TAS5558, внешний вид модуля показан на ***рис. 13 на 3-й с. обложки***.

Выходная мощность модуля варьируется в зависимости от применённых микросхем (TAS5622DDV или TAS5624DDV), конфигурации (BTL или PBTL), сопротивления нагрузки (3...8 Ом для BTL, 1,5...4 Ом для PBTL), напряжения питания (12...38 В для TAS5624, 12...34 В для TAS5622) и допустимого уровня гармонических искажений. При использовании микросхемы TAS5624 и THD = 10 % выходная мощность 2×200 Вт — на нагрузке 3 Ом (BTL) и 1×400 Вт — на нагрузке 1,5 Ом (PBTL).

Технологию и компоненты прямого цифрового усиления от TI, в том числе под торговой маркой PurePath™, используют многие производители звуковой аппаратуры, предназначенной как для массового рынка (Panasonic, Kenwood), так и для рынка Hi-Fi. Например, в Blue ray-ресиверах Harman Kardon BDS270/570 применены микросхемы TI TAS5508, TAS5342, в моделях BDS275/277/575/577 и BDS280/580 — TAS5538 и TAS5342.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

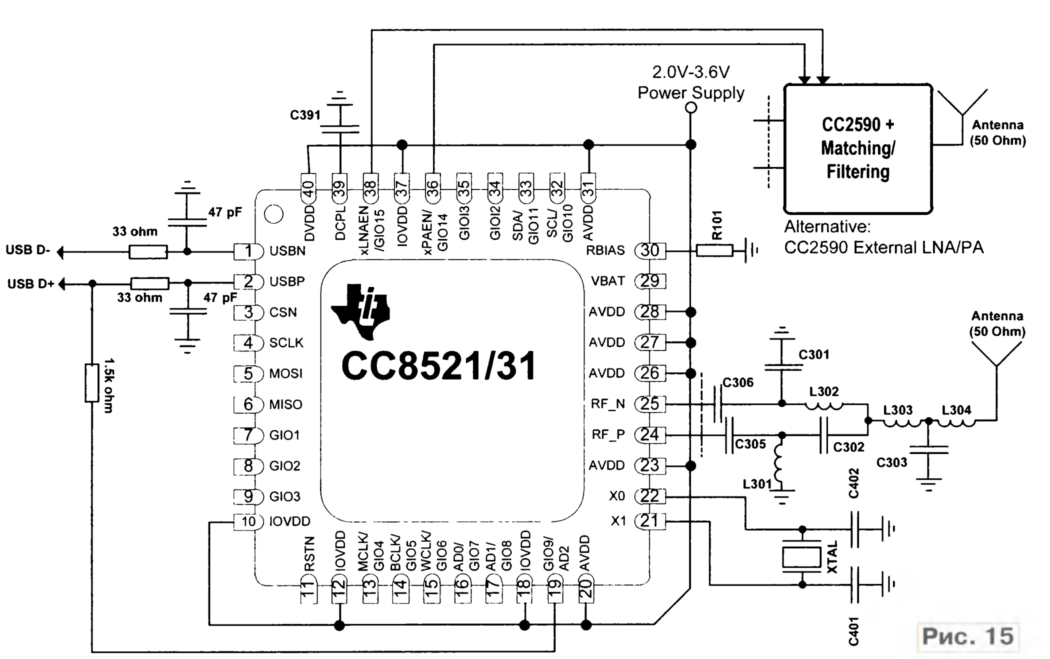


Рис. 15

PurePath™, внешний вид СнК CC8520 на печатной плате показан на **рис. 14**. Все микросхемы серии CC85xx предназначены для организации беспроводных каналов связи CD-качества между аудиоисточниками и оконечными потребителями, например, между CD/DVD-проигрывателями/ресиверами и беспроводными головными телефонами или акустическими системами, между микрофонами и усилителями. Число каналов и проводные интерфейсы: CC8520/21 — один или два канала, CC8530/31 — от одного до четырёх каналов, интерфейс I²S — CC8520/30, USB — CC8521/31. На **рис. 15** приведена типовая схема включения СнК CC8521/31, ВЧ-усилитель на микросхеме CC2590 предназначен для увеличения дальности действия канала связи (выходная мощность усилителя до 200 мВт).

Компоненты на основе технологии прямого цифрового усиления TI также нашли применение в беспроводных приложениях и сетевых устройствах, например, для этих целей предназначены микросхемы CC8520/21, CC8530/31. Микросхемы позиционируются как системы на кристалле (СнК/SoC) для обработки беспроводных (2,4 ГГц) аудиопотоков с использованием технологии

Широкодиапазонный измеритель ёмкости конденсаторов

А. СТАРОВЕРОВ, г. Вологда

Существует большое число различных вариантов измерителей ёмкости конденсаторов, однако большинство из них работают в определённой части интервала [1, 2]. В то же время разработаны устройства, позволяющие измерять значения ёмкости в интервале от десятков пикофарад до тысяч микрофарад [3—5]. В статье предлагается ещё один вариант широкодиапазонного измерителя, особенностью которого является относительная простота реализации. Кроме того, устройство может работать как приставка к цифровому мультиметру, так и самостоятельным измерителем. К недостаткам устройства следует отнести заметное колебание стрелки прибора на пределе измерения "2,5 мкФ" и повышенное потребление тока на пределе "25 мФ".

Основные технические характеристики

Нижний предел измерения, пФ 100
Верхний предел измерения, мФ 25
Погрешность измерения, %, не более 5
Напряжение питания, В ....7...15
Ток потребления, мА, не более
на пределах "100 пФ" и "250 пФ" 35
на пределах от "2,5 нФ" до "2,5 мФ" 30
на пределе "25 мФ" 80
Время измерения, с, не более
на пределах от "100 пФ" до "2,5 мкФ" 0,5
на пределах от "25 мкФ" до "25 мФ" 2,5

Упрощение схемы достигнуто за счёт объединения двух методов измерения. Метода [1], который используется для измерения ёмкости в интервале 100 пФ...2,5 мкФ (режим малой ёмкости), и метода [2] — для измерения ёмкости конденсаторов в интервале 25 мкФ...25000 мкФ (режим большой ёмкости). Переключение между этими режимами производится переключателем.

Схема устройства представлена на **рис. 1**. Узел питания со стабилизированным выходным напряжением 5 В собран на элементах GB1, DA1. Сигнализатор работы и разрядки батареи построен на элементах R1, HL1 и VD1. Элементы R8—R13, C1, DA2 образуют генератор прямоугольных импульсов с двумя выходами, частоты которых на пределах "2,5 мкФ", "250 нФ", "25 нФ", "2,5 нФ", "250 пФ" и "100 пФ" составляют соответственно около 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц, 80 кГц и 200 кГц. Для режима измерения большой ёмкости используется частота 100 Гц. Среднюю точку для измерения формируют элементы R16, R17, C4. Конденсатор C3 запоминает измеряемое напряжение, а повторитель на ОУ DA3 исключает влияние сопротивления микроамперметра PA1 или внешнего цифрового мультиметра, для подключения минусовой линии которых создана ещё одна средняя точка на элементах R19, R20, VD4, HL2. Диод VD4 и светодиод HL2 образуют аналог стабилитрона на напряжение 2,5 В. Переменным резистором R19 устанавливают нулевое положение стрелки микроамперметра PA1, что необходимо для компенсации дрейфа напряжения смещения DA3 и устранения влияния ёмкости монтажа на пределах "250 пФ" и "100 пФ". Конденсатор C5 уменьшает колебания стрелки на пределе "2,5 мкФ", а резистор R3 нужен для разрядки измеряемого конденсатора. Аналогичную функцию выполняет резистор R17 для конденсатора C3.

На схеме переключатель SA2 показан в положении режима большой ёмкости. После подключения измеряемо-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

го конденсатора C_x и включения питания кнопкой SB1 измеряемый конденсатор начинает заряжаться через один из резисторов R4—R7 в соответствии с выбранным пределом измерения. Одновременно с этим импульсами частотой 100 Гц по переднему фронту через цепь C2, VD2, SA2.4, R18 начинает заряжаться конденсатор C3. Каждый импульс заряжает его примерно на 1 мВ. Таким образом, полное отклонение стрелки наступает через 2,5 с. Как только напряжение на измеряемом конденсаторе достигнет около половины напряжения питания, генератор на микросхеме DA2 отключится, а на запоминающем конденсаторе C3 установится напряжение, соответствующее ёмкости измеряемого конденсатора C_x. Высокое входное сопротивление ОУ DA3 позволяет удерживать уровень напряжения на время, необходимое для считывания показаний. У автора стрелка микроамперметра PA1 возвращалась к нулевому значению со скоростью 10 мВ в секунду, что вполне удовлетворительно. Такая реализация преобразователя длительности импульсов в напряжение позволила упростить схему и отказаться от многоразрядного счётчика импульсов с ЦАП, как в [2].

Рассмотрим работу измерителя в режиме малой ёмкости. В этом случае конденсатор C_x включается последовательно с выходом генератора DA2 и параллельной цепи R14VD3. В результате действующее значение напряжения на резисторе R14 будет прямо пропорционально ёмкости конденсатора C_x. Через несколько периодов до этого напряжения через резистор R18 заряжается конденсатор C3.

Микросхема КР142ЕН5А может быть заменена любым интегральным стабилизатором напряжения, обеспечивающим 5 В при токе не менее 100 мА. Вместо ОУ КР544УД1А можно использовать ОУ с повышенным входным сопротивлением и без частотной коррекции. Диоды VD2, VD3 — маломощные кремниевые с предельной частотой не менее 200 кГц, диод VD4 — кремниевый малой или средней мощности. Постоянные резисторы — МЛТ, переменный — малогабаритный импортный RK1233N1 (можно использовать резистор сопротивлением 1 кОм с включённым параллельно постоянным резистором сопротивлением 1 кОм). Конденсаторы C1—C4 — керамические или плёночные, C5 — оксидный. Номинальные напряжения стабилитрона VD1 и светодиода HL1 в сумме должны быть 7...7,5 В, чтобы при снижении напряжения питания менее 7 В светодиод HL1 не светился. Напряжение на диоде VD4 и светодиоде HL2 должно быть 2,4...2,6 В при токе 2...3 мА. Микроамперметр PA1 — с током полного отклонения 100...200 мкА. Измерительные провода должны быть как можно короче и снабжены зажимами крокодил .

Для налаживания измерителя потребуются цифровой вольтметр постоянного тока с ценой деления 1 мВ, частотомер для измерения частоты 100 Гц и образцовые конденсаторы ёмкостью 100 пФ, 1 нФ, 10 нФ, 0,1 мкФ, 1 мкФ и 10 мкФ. Начинать настройку необходимо с режима малой ёмкости, переключив SA2 в соответствующее положение.

На первом этапе налаживания нужно отключить микроамперметр и установить переключатель пределов в положение "250 нФ", подключить к выводу 4 или 6 микросхемы DA2 частотомер. Подбирая резистор R12, надо как можно точнее установить частоту 100 Гц. Затем, подключив к выводу устройства цифровой вольтметр, резистором R19 надо установить нулевые показания. Далее, заменив постоянный резистор R14 переменным с сопротивлением 4,7 кОм и включив в качестве измеряемого образцовый конденсатор ёмкостью 0,1 мкФ, установить переменным резистором показания вольтметра, соответствующие фактической ёмкости образцового конденсатора. Например, если фактическая ёмкость 105 нФ, вольтметр должен показывать 105 мВ. После этого переменный резистор необходимо заменить постоянным (или несколькими) с соответствующим сопротивлением.

Затем нужно перевести переключатель SA1 в положение "2,5 мкФ", подключить в качестве измеряемого образцовый конденсатор ёмкостью 1 мкФ и подборкой резистора R13 добиться показания вольтметра, соответствующего фактической ёмкости образцового конденсатора. В случае, если в результате подбора сопротивление резистора R13 окажется значительно больше 10 МОм, необходимо увеличить на 5...10 % ёмкость конденсатора C1, а затем повторно подобрать резистор R12, как описано выше. Настройку на пределах "25 нФ", "2,5 нФ", "250 пФ" и "100 пФ" нужно производить аналогично, изменяя положение переключателя SA1 и подбирая соответствующие резисторы R8—R11.

В связи с тем что на пределах "250 пФ" и "100 пФ" частота генератора сравнительно большая, на показания измерителя оказывает влияние паразитная ёмкость, в основном обусловленная монтажом. У автора она получилась около 10 пФ. Поэтому на этих пределах нужно перед подборкой резисторов R8, R9 показания вольтметра установить на ноль резистором R19.

В режиме измерения большой ёмкости устройство налаживают следующим образом. Переключатель SA1 нужно перевести в положение "25 мкФ", резистор R15 заменить переменным сопротивлением 100 кОм и в качестве измеряемого конденсатора подключить образцовый ёмкостью 10 мкФ. При измерении движок переменного резистора необходимо установить таким образом,

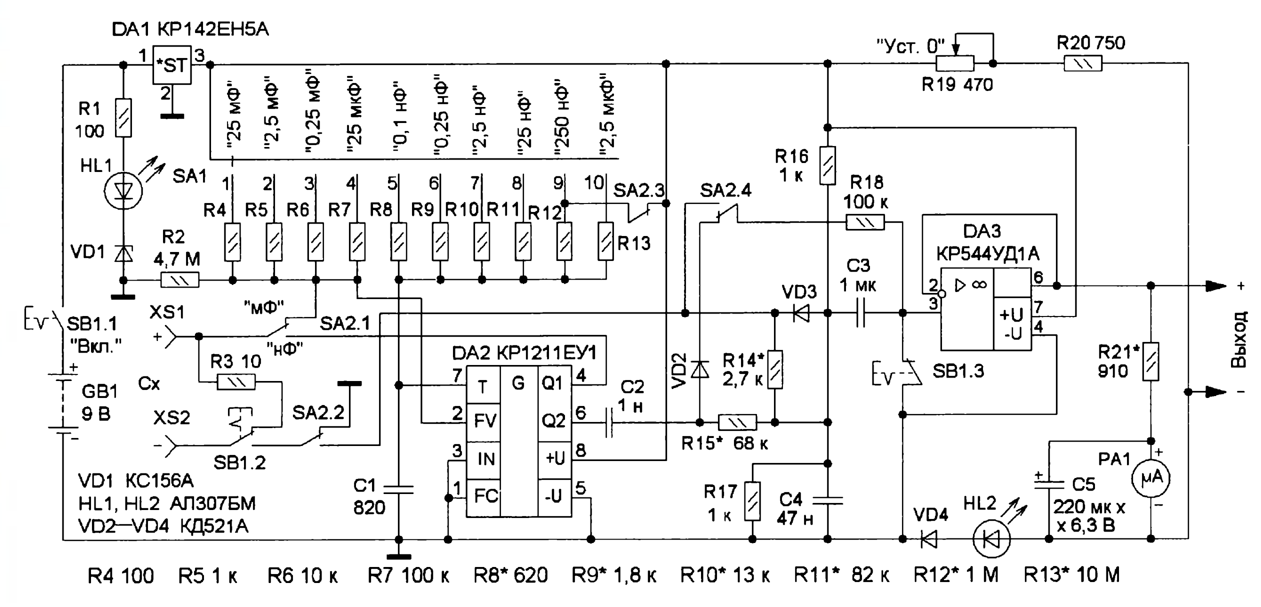


Рис. 1

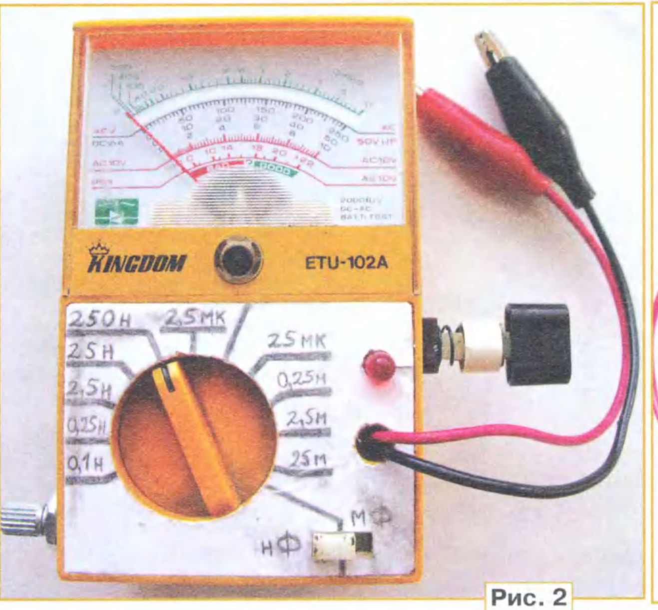


Рис. 2

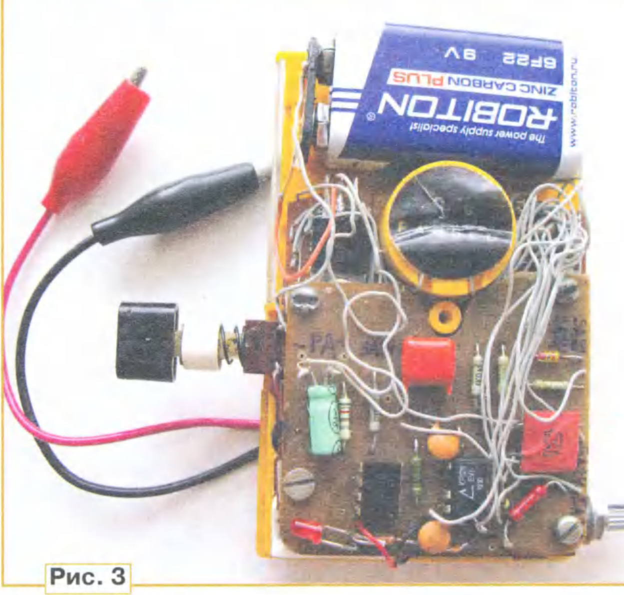


Рис. 3

чтобы показания вольтметра соответствовали фактической ёмкости образцового конденсатора. Затем переменный резистор следует заменить постоянным соответствующего сопротивления. Фактическое сопротивление резисторов R6, R5 и R4 должно быть меньше сопротивления резистора R7 в 10, 100 и 1000 раз соответственно. Например, если сопротивление резистора R7 102 кОм, то сопротивления резисторов R6, R5 и R4 должны быть 10,2 кОм, 1,02 кОм и 102 Ом соответственно. В противном случае для настройки необходимы образцовые конденсаторы соответствующих номиналов.

На заключительном этапе необходимо восстановить разорванную цепь микроамперметра PA1 и подобрать резистор R21 так, чтобы показания стрелочного прибора соответствовали показаниям цифрового. После этого желательно ещё раз измерить все образцовые конденсаторы и при необходимости подобрать соответствующие резисторы.

Устройство размещено в корпусе от небольшого стрелочного мультиметра, от которого использован микроамперметр с разметкой шкалы на 25 и 10 делений, а также галетный переключатель (**рис. 2**). Элементы R1, VD1, DA1, R3—R13 расположены на штатной плате мультиметра, а HL1, SB1, SA1, SA2, R19 — на корпусе. Остальные элементы смонтированы с применением печатного монтажа на второй плате, которая крепится к первой винтами (**рис. 3**).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Приставка к мультиметру для измерения ёмкости конденсаторов. — Радио, 1999, № 8, с. 42, 43.

2. **Глибин С.** Фарадометр — приставка к мультиметру. — Радио, 2018, № 5, с. 22—24.

3. **Певницкий С.** Цифровой измеритель ёмкости. — Радио, 1984, № 10, с. 46—48.

4. **Нечаев И.** Приставка к вольтметру для измерения ёмкости конденсаторов. — Радио, 1995, № 6, с. 25—27.

5. **Васильев В.** Измеритель ёмкости конденсаторов. — Радио, 1998, № 4, с. 36, 37.

Источник образцового напряжения на дискретных элементах

И. ЕРОБКИН, г. Ворсма Нижегородской обл.

Первый источник образцового напряжения (ИОН) на биполярных транзисторах был разработан легендарным Бобом Видларом в 1960-х годах для цепей смещения в операционных усилителях для улучшения термостабильности токозадающих цепей. Это было одно из самых его гениальных изобретений, которое и по сей день используется почти в каждой аналоговой микросхеме.

Вниманию читателей предлагается описание разработанного мной параллельного стабилизатора напряжения, который компенсирует температурные коэффициенты (ТК) напряжения база—эмиттер транзисторов и резисторов вне зависимости от их степени точности. Этот стабилизатор может выполнять функцию ИОН. Единственное условие — все элементы должны были находиться при одинаковой температуре. Даже небольшой перепад температуры приводит к появлению погрешности 0,1 В.

Для выполнения этого условия я срезал тонкий слой с текстолита вместе с медной фольгой и приклеил его к толстой медной подложке, что дало хорошее тепловое распределение по плате. Промежуточная макетная плата, на которой проводились эксперименты, показана на **рис. 1**.

Схема ИОН показана на **рис. 2**, он представляет собой параллельный термокомпенсированный стабилизатор напряжения, которому обязательно нужен токоограничивающий резистор. Устройство содержит два токовых зеркала, одно — на транзисторах VT3, VT4, второе — на транзисторах VT5, VT6, эмиттерный повторитель VT2, термокомпенсирующий транзистор VT1 и составной транзистор VT7—VT9. Токовое зеркало на транзисторах VT5, VT6 и токозадающем резисторе R9 формирует ток, который прямо пропорционален температуре этих транзисторов и напряжению $U_{ст}$. "Сердцем" ИОН служит усилитель на

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

транзисторе VT1, который формирует компенсационный сигнал с таким ТК, чтобы скомпенсировать все ТК транзисторов и резисторов. Кроме того, через транзистор VT2 он управляет токовым зеркалом на транзисторах VT3 и VT4, чтобы обеспечить стабильность по напряжению.

Два токовых зеркала имеют очень большой коэффициент усиления, что делает температурные коэффициенты транзисторов VT7—VT9 не принципиальными для работы ИОН.

Рассмотрим подробнее работу устройства. Ток коллектора транзистора VT1 составляет 1...2 мА, а коэффициент усиления каскада на этом транзисторе, за счёт отрицательной обратной связи через резистор R3, — чуть более двух. Напряжение на базе транзистора VT2 при комнатной температуре $U_{бVT2} = U_{бэVT3} + U_{бэVT2} + U_{R5} \approx$ $\approx$ 1,2 В+U_{R5}, а напряжение на коллекторе транзистора VT1 с учётом тока коллектора и резистора обратной связи $U_{кVT1} \approx$ 1,22 В, что формирует ток через токовое зеркало VT3VT4 около 0,15 мА. Сумма ТК транзисторов VT2—VT4 равна примерно удвоенному ТК эмиттерного перехода одного транзистора, а падение напряжения — удвоенному падению напряжения на одном переходе транзистора. Транзистор VT1 на своём коллекторе формирует сигнал с таким ТК, который компенсирует ТК всех транзисторов и резисторов ИОН. Так работает термокомпенсация. Лучшие результаты получаются при подборе резистора R3 с шагом ±10 Ом.

Термостабильность выходного напряжения этого ИОН получилась довольно неплохая. При изменении температуры от 20 до 100 °С (при моём не очень квалифицированном налаживании) напряжение $U_{ст}$ меняется на 0,005 В при напряжении на выходе 4,3 В, что составляет около 15 ppm/°С.

Настройка термокомпенсации производится подборкой резистора R3, начиная от 10 кОм, — это минимальное значение сопротивления. К выходу ИОН подключают вольтметр. Производят нагрев подложки и помещают ИОН в теплоизолирующее место, например, между двумя отрезками подложки толщиной 10 мм для ламината или другого теплоизолирующего материала. После того как вся плата избавилась от температурных градиентов и выходное напряжение перестанет изменяться, записывают показания вольтметра. Если напряжение при нагревании увеличилось, то нужно увеличить сопротивление резистора R3 (при этом напряжение ИОН будет увеличиваться), а если напряжение уменьшилось, то сопротивление этого резистора нужно уменьшать (при этом напряжение ИОН будет уменьшаться). На плате резистор R3 составлен из трёх последовательно включённых резисторов, что позволяет получить точную подборку. Через резистор R1 в базу транзистора VT1 поступает ток, который зависит от напряжения $U_{ст}$ на самом ИОН. Допустим, напряжение $U_{ст}$ увеличивается, это приведёт к уменьшению напряжения на коллекторе транзистора VT1 и к уменьшению тока токового зеркала VT3VT4. С другой стороны, при увеличении напряжения $U_{ст}$ ток через токовое зеркало VT5VT6 увеличивается. Поскольку коэффициент усиления токовых зеркал очень большой и достигает 50000, это изменение приводит к увеличению напряжения на базе транзистора VT7, поэтому ток через транзисторы VT7—VT9 резко увеличивается, что приводит к уменьшению $U_{ст}$, компенсируя его увеличение. Так работает стабилизация по напряжению.

При сопротивлении резистора $R_т$ = 250 Ом и изменении напряжения $U_{пит}$ от 7 до 30 В напряжение на ИОН изменяется с 4,3 В до 4,29 В, т. е. на 0,01 В, что соответствует крутизне 0,4 мВ/В. Чертёж для изготовления печатной платы показан на **рис. 3**, а схема расположения на ней элементов — на **рис. 4**. У этого устройства есть один большой недостаток. После проведения компенсации и налаживания выходное напряжение может заметно отличаться от желаемого, это будет зависеть от разности параметров применённых транзисторов. Но есть и хорошая новость, в этом устройстве при желании можно получить различное напряжение, изменив номиналы резистора R9 и резистора R4. После этого надо провести всё налаживание по термокомпенсации заново. Минимальное выходное напряжение — 3 В. На основе этого схемного решения можно изготовить термодатчики, терморееле, стабилизаторы тока и т. д.

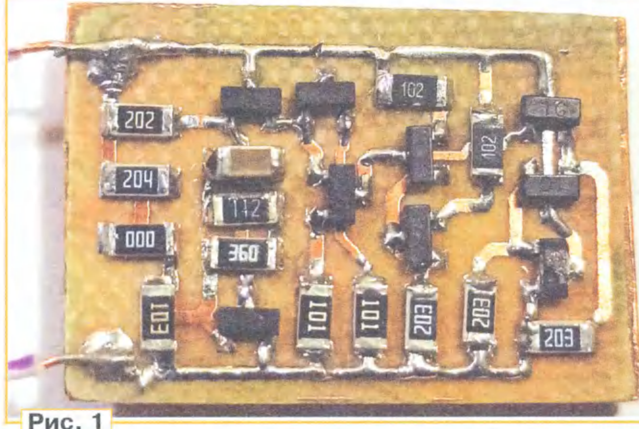


Рис. 1

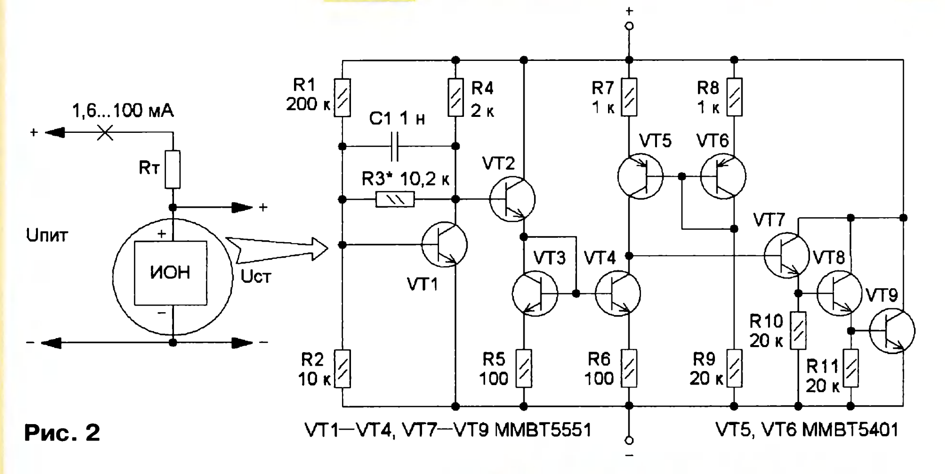


Рис. 2

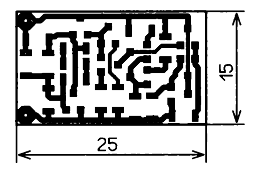


Рис. 3

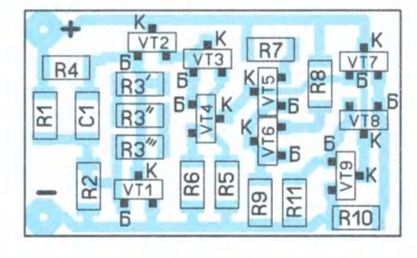


Рис. 4

***От редакции**. Чертёж печатной платы устройства находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/08/ion.zip** на нашем FTP-сервере.*

Вариант стабилизатора с двойной защитой

А. ШУМИЛОВ, г. Архангельск

Автору статьи как-то подарили не совсем исправный самодельный регулируемый блок питания (БП) с установленными на лицевой панели стрелочными вольтметром и амперметром (судя по маркировке деталей, 1982—1985 г. сборки). При подключении к сети 220...230 В этот БП выдавал максимальное напряжение вне зависимости от положения регулятора.

В качестве регулирующего элемента для умощнения были параллельно включены два транзистора КТ803А, один из которых, как потом оказалось, был неисправен, а его участок "коллектор—эмиттер" почти накоротко замкнут. При отключении неисправного транзистора напряжение на выходе БП стало регулироваться. Однако при подключении мощной нагрузки (или при замыкании на выходе) этот БП мог выдать ток до 7 А, поскольку отсутствовали ограничение по выходному току и защита от короткого замыкания на выходе. Также отсутствовала плавкая вставка в цепи вторичной обмотки трансформатора.

Было решено переделать этот БП с учётом обязательной защиты от перегрузки, с регулируемым ограничением максимального выходного тока, а также с защитой от замыкания на выходе.

Так как регулирующий транзистор КТ803А был уже установлен на мощном ребристом теплоотводе размерами 195×110 мм и изолирован от металлического корпуса устройства, было решено его оставить. Соединение общего минусового провода с металлическим корпусом устройства также накладывало некоторые ограничения на схемную компоновку стабилизатора напряжения. Поскольку в этом БП были применены не слишком малогабаритные, но вполне исправные оксидные конденсаторы ещё советского производства с минусовым выводом, соединённым с его корпусом, свободного места в корпусе устройства было не слишком много.

Большинство найденных в литературе стабилизаторов напряжения было собрано на основе регулирующего транзистора структуры p-n-p (П213—П217), но с плюсовым общим проводом. Попадались также схемы с регулирующим транзистором структуры n-p-n (КТ829А) или транзистором структуры p-n-p (П210 или П213—П217), но с минусовым общим проводом, что в данном случае меня также не устроило, поскольку не хотелось демонтировать уже установленный на теплоотвод исправный транзистор КТ803А. Поэтому стал искать в журнале "Радио" иные подходящие схемы. Интернет в качестве источника схем не рассматривал, поскольку уже неоднократно убеждался, что там может быть множество схемных ошибок и никто не гарантирует нормальную работу устройства, собранного по указанной схеме.

Во время поисков обнаружилась схема простого регулируемого стабилизатора напряжения с регулировкой ограничения выходного тока [1]. Однако там был плюсовой общий провод. Также в журнале "Радио" была найдена схема стабилизатора с простой защитой от замыкания на выходе, также с плюсовым общим проводом [2]. Для индикации перегрузки по току была взята схема из [3] и немного доработана. Было решено использовать схемные решения из всех трёх найденных схем в регулируемом стабилизаторе напряжения с регулируемой защитой от перегрузки по току и с защитой от замыкания на выходе с минусовым общим проводом.

Схема такого стабилизатора показана на **рис. 1**. Выпрямитель БП выполнен по классической схеме: мощный понижающий трансформатор (без маркировки) с плавкими вставками в цепях первичной и вторичной обмоток, мощный диодный мост на диодах Д242А, сглаживающие оксидные конденсаторы общей ёмкостью 4000 мкФ и на схеме не показаны.

Светодиод HL1 в схеме индицирует подачу напряжения с выпрямителя на вход стабилизатора. Узел индикации перегрузки по току выполнен на транзисторе VT2 и светодиоде HL3.

Узел защиты стабилизатора от замыкания на выходе выполнен на транзисторе VT1. В исходном состоянии транзистор VT1 закрыт минусовым относительно эмиттера напряжением смещения на его базе. При замыкании плюсовой линии выхода питания с минусовым общим проводом эмиттер транзистора VT1 соединяется с ним и катодом диода VD1, на базе транзистора VT1 появляется положительное напряжение смещения. Транзистор VT1 открывается и вместе с резистором R4 шунтирует стабилитрон VD2. В результате регулирующий транзистор VT4 закрывается, тем самым понижая напряжение на выходе стабилизатора до нуля. Резистор R4 ограничивает ток коллектора транзистора VT1 и попутно является "источником питания" светодиода HL2 — индикатора замыкания на выходе.

При возникновении замыкания на выходе стабилизатора светодиод HL2 загорается ввиду возникновения небольшой, но вполне достаточной для свечения светодиода разницы потенциалов на выводах токоограничивающего резистора R4. Как только замыкание на выходе будет устранено, транзистор VT1 закрывается, светодиод HL2 гаснет, регулирующий транзистор VT4 открывается, и на нагрузке вновь появляется напряжение постоянного тока. Потребляемый стабилизатором от выпрямителя ток при замыкании на выходе стабилизатора — около 30 мА.

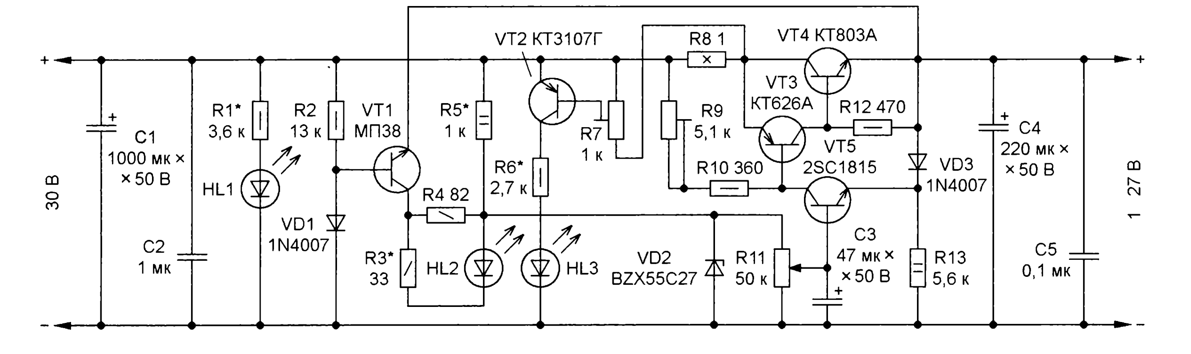


Рис. 1

Переменным резистором R11 регулируют напряжение на выходе стабилизатора. Конденсатор C3 служит для дополнительного уменьшения пульсаций выходного напряжения.

Перед первым включением стабилизатора необходимо установить движок подстроечного резистора R7 в среднее положение, а движок подстроечного резистора R9 — в верхнее по схеме положение. Резистором R9 устанавливают нужный порог ограничения выходного тока при максимальном напряжении на выходе (при подключённых амперметре и нагрузке на выходе). Следует иметь в виду, что при увеличении сопротивления резистора R9 увеличивается верхний порог ограничения выходного тока. Если в процессе эксплуа-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

тации этого стабилизатора планируется изменять порог ограничения выходного тока, то резистор R9 закрепляют на лицевой панели БП. Если же не планируется изменять ранее установленный порог ограничения выходного тока, то резисторы R9 и R10 заменяют одним постоянным резистором, равным их суммарному сопротивлению, мощностью не менее 0,5 Вт. Подстроечным резистором R7 устанавливают нужный порог начала свечения индикаторного светодиода HL3, показывающего перегрузку по току (при подключённых амперметре и нагрузке на выходе). Временно в качестве нагрузки использовались проволочные резисторы сопротивлением 4,7 и 6,2 Ом мощностью 10 Вт как в одиночном, так и в последовательном включении. При ином выходном напряжении выпрямителя сопротивление резистора R5 подбирают с таким расчётом, чтобы ток через стабилитрон VD2 не превысил 5 мА.

Вместо МП38 (VT1) допустимо использовать только германиевый транзистор структуры n-p-n с максимальным допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 15 В, максимальным током коллектора не менее 120 мА. Возможна замена МП38 на любой из серий МП35—МП38, ГТ404 или аналогичный импортный. На месте VT2 допускается использовать маломощный кремниевый транзистор структуры p-n-p с максимальным допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 30 В, максимальным током коллектора не менее 100 мА, например, серии КТ3107 с буквенными индексами А—Д, И, К, 2SA1015, 2SA1266. Вместо КТ626А (VT3) допускается использовать кремниевый транзистор структуры p-n-p с максимальным допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 35 В, максимальным током коллектора не менее 500 мА, например, серии КТ626 с индексами Б, В. Если этот транзистор при максимальной нагрузке будет чувствительно нагреваться, следует установить его на небольшой теплоотвод или применить более мощный транзистор, например, из серий КТ814, КТ816. На месте VT4 допустимо использовать мощный кремниевый транзистор структуры n-p-n с максимальным допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 35 В, максимальным током коллектора не менее 10 А. Возможна замена КТ803А на КТ808, КТ819 с любыми буквенными индексами или аналогичный импортный. При ограничении выходного тока значением не более 2 А можно применить менее мощные транзисторы, например, КТ802А, КТ805А, КТ805Б или аналогичные импортные. Вместо 2SC1815 (VT5) допускается использовать маломощный кремниевый транзистор структуры n-p-n с максимальным допустимым

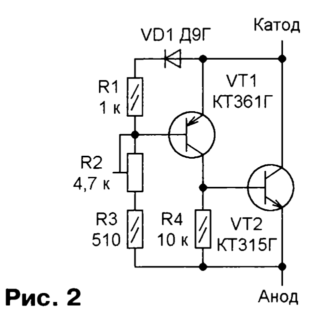


Рис. 2

напряжением коллектор—эмиттер не менее 35 В, максимальным током коллектора не менее 100 мА, например, серии КТ315 с индексами В—Е, И, Н, Р, 2SC3198, 2Т3167А.

Следует отметить, что для хорошего охлаждения транзистора VT4 требуется теплоотвод как можно большей площади. В случае отсутствия мощного теплоотвода потребуется установить вентилятор от компьютера, что, в свою очередь, повлечёт установку дополнительного понижающего стабилизатора на напряжение 9 или 12 В для его питания, например, на основе интегрального стабилизатора 7809 или 7812, а также лишний шум.

При встраивании этого стабилизатора в металлический корпус, если он соединён с общим минусовым проводом, не забудьте изолировать коллектор транзистора VT4 от теплоотвода или изолировать теплоотвод транзистора VT4 от корпуса БП.

Резистор R8 использован проволочный марки RWR мощностью 10 Вт в керамическом корпусе. Этот резистор вынесен за пределы платы стабилизатора и для дополнительного охлаждения закреплён металлическим хомутом на внутренней стороне металлического корпуса БП. Для уменьшения нагрева следует применить более мощный резистор. Также следует иметь в виду, что силовые провода, идущие к резистору R8, коллектору и эмиттеру транзистора VT4, а также общий силовой минусовый провод должны выдерживать ток не менее 5 А и быть соответствующего сечения.

Остальные постоянные резисторы — МЛТ или подобные. Подстроечный резистор R9 — ППЗ-12 или подобный проволочный. Переменный резистор R11 может быть сопротивлением от 10 до 50 кОм.

Диоды VD1 и VD3 можно заменить любыми из серии 1N400x или подобными с максимальным током не менее 300 мА.

В качестве светодиодов HL1 и HL3 в этом экземпляре стабилизатора с целью минимизации количества дополнительных отверстий в лицевой панели был использован двухцветный светодиод с общим катодом зелёного и красного свечения на номинальное напряжение 2,5 В. При включении питания БП светодиод светит зелёным цветом, а при перегрузке по току — оранжевым. На месте HL2 был использован светодиод из серии АЛ307 красного свечения. В случае использования светодиодов иных марок и на иное напряжение сопротивления резисторов R1, R3 и R6 подбирают с таким расчётом, чтобы ток через светодиод не превысил 10 мА.



Рис. 3



Рис. 4

Напряжение стабилизации стабилитрона VD2 зависит от необходимого максимального напряжения на выходе стабилизатора и должно быть меньше на 2...3 В напряжения на входе. При отсутствии стабилитрона на нужное напряжение допускается последовательное включение нескольких низковольтных стабилитронов для набора нужного суммарного напряжения стабилизации. Когда под рукой нет нужного стабилитрона или "гирлянда" из стабилитронов получается слишком длинной, часто используют немного доработанную схему из [4] (**рис. 2**).

В регулируемом аналоге стабилитрона в качестве диода VD1 следует использовать только германиевый диод, например, из серии Д9, Д18, Д20. Вместо указанных на схеме транзисторов можно использовать любые комплементарные пары маломощных кремниевых

транзисторов, в данном случае с максимально допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 35 В и максимальным током коллектора не менее 50 мА, например, серий КТ361 и КТ315 с индексами В—Е, 2SA1015 и 2SC1815, а также 2SA1266 и 2SC3198. Нужное напряжение стабилизации такого "стабилитрона" устанавливают подстроечным резистором R2. Если постоянная регулировка напряжения стабилизации такого "стабилитрона" не требуется, резисторы R2 и R3 заменяют одним постоянным резистором сопротивлением, равным их суммарному сопротивлению. Для установки напряжения стабилизации 27...29 В потребуется замена резисторов R2 и R3 сопротивлением ориентировочно 100...120 кОм.

Печатная плата стабилизатора не разрабатывалась. Например, в этом экземпляре стабилизатора использовалась освобождённая от деталей плата кинескопа от старого телевизора. На плате по максимуму использовались нужные печатные проводники, скальпелем перерезаны ненужные, поставлены перемычки, просверлены отверстия под дополнительные радиодетали или стойки. Фотография собранной платы стабилизатора показана на **рис. 3**.

Внешний вид доработанного блока питания с этим стабилизатором показан на **рис. 4**.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Захаров В.** Простой стабилизатор напряжения. — Радио, 1979, № 3, с. 27.

2. **Иванов Б.** Конструкции юных радиолюбителей Монголии. Блок питания с защитой от коротких замыканий. — Радио, 1981, № 5-6, с. 57.

3. **Нечаев И.** Индикатор зарядки аккумуляторной батареи. — Радио, 2001, № 9, с. 55.

4. **Александров И.** Регулируемый аналог стабилитрона. — Радио, 1993, № 11, с. 39.

***От редакции**. Поскольку обратное напряжение база—эмиттер для большинства германиевых транзисторов МП35—МП38 и серии ГТ404, рекомендованных автором к замене МП38 (VT1 на рис. 1), не нормируется, перед установкой в стабилизатор их надо проверить, выдержат ли они максимальное выходное напряжение 27 В, которое может поступать в обратной полярности на эмиттерный переход транзистора VT1 в номинальном режиме. Для этого надо через резистор сопротивлением 10...20 кОм подать напряжение в пределах 45...50 В и измерить напряжение на эмиттерном переходе.*

Ремонтировать ли светодиодные лампы?

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Сегодня светодиодные осветительные лампы приходят на смену сетевым лампам накаливания. Несмотря на заявленную долговечность в десятки тысяч часов, светодиодные лампы всё-таки выходят из строя. Можно ли отремонтировать подобные лампы? Предлагаемая статья даёт ответ на этот вопрос.

Сейчас в быту сетевые светодиодные вытесняют другие виды осветительных ламп. Сначала в светодиодных лампах применяли выводные светодиоды, потом стали применяться светодиоды для поверхностного монтажа (SMD-светодиоды), которые смонтированы на плате с алюминиевым основанием, что обеспечивает более эффективное отведение тепла. Сейчас трендом является применение линейных стабилизаторов тока на микросхемах и светодиодов с номинальным напряжением около 36 В, за счёт чего сокращается их общее число в лампе. Примером могут быть лампы торговой марки "Онлайт", схема одной из них показана на **рис. 1**. Другие элементы такой лампы — выпрямительный мост, сглаживающий конденсатор, микросхема стабилизатора тока и защитный резистор, играющий роль предохранителя. Иногда мост и стабилизатор объединены в одном корпусе — это ещё один тренд. Схема такого варианта лампы показана на **рис. 2**.

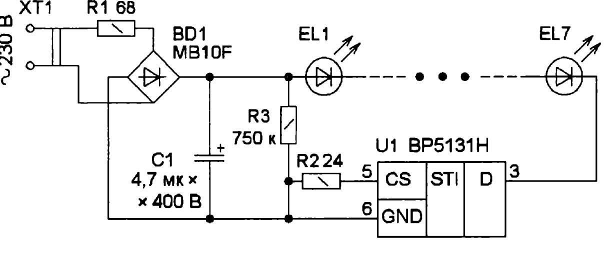


Рис. 1

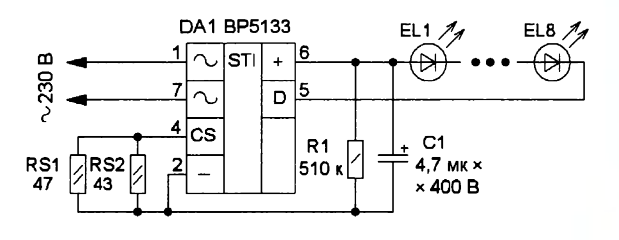


Рис. 2

Позиционные обозначения элементов на рис. 1 и рис. 2 приведены в соответствии с обозначениями на платах.

Практика показывает, что основная причина выхода из строя таких ламп — перегорание, как правило, одного светодиода. Каждый светодиод содержит не один, а несколько светодиодных кристаллов, поэтому в лампе всё равно присутствует их несколько десятков. Значит, велика вероятность, что хотя бы один из них может выйти из строя, а это приведёт к отказу всей лампы. При этом драйвер и остальные светодиоды в большинстве случаев остаются исправными. О ремонте таких ламп будет рассказано далее.

Но в связи с этим у радиолюбителей часто возникает вопрос: ремонтировать светодиодные лампы или нет? Это, конечно, решает каждый радиолюбитель. Один из аргументов "за" — экологический фактор, ведь чем дольше проработает лампа, тем меньше мусора будет на нашей планете. Поэтому если есть время и возможности, почему бы этого не сделать? Однако при этом возникают определённые, зачастую непреодолимые трудности. Одна из основных — демонтаж неисправного и монтаж исправного SMD-светодиода.

Чтобы надёжно установить SMD-светодиод на плату с алюминиевым основанием, требуется её подогрев, иначе сильно разогретым паяльником можно легко вывести светодиод из строя. Разогревать такую плату с помощью фена не рекомендуется, поскольку это может привести к размягчению и деформации пластмассового корпуса лампы. Вынуть плату со светодиодами тоже непросто, поскольку она, как правило, зафиксирована в алюминиевом конусообразном стакане корпуса

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

(**рис. 3**), который выполняет функцию дополнительного теплоотвода, и к тому же соединена отрезком провода и защитным резистором с цоколем. Кстати, такой стакан затрудняет разогрев платы с помощью фена. Но после замены светодиода придётся все операции провести в обратном порядке. Поэтому такой вариант слишком хлопотный, трудоёмкий и тоже не подходит. Поэтому пришлось искать другой, более простой.

Для ремонта светодиодной лампы сначала придётся снять светорассеивающий колпак и найти неисправный светодиод (светодиоды или другие элементы). Во многих случаях его можно найти по характерной точке чёрного цвета на прозрачном компаунде (**рис. 4**). Для проверки исправности светодиодов и светодиодных ламп можно использовать различные устройства [1—4].

Редко бывает, что перегорел защитный (предохранительный) резистор, который обычно установлен между платой и контактами цоколя, его номинальное сопротивление — несколько десятков ом. Наличие и исправность этого резистора легко проверить омметром, "прозванивая" между собой контакты цоколя и платы. Выход из строя этого резистора в большинстве случаев означает наличие более серьёзной неисправности.

Если из строя вышла микросхема стабилизатора тока, удалить её, конечно, можно, например разрушив её корпус, но заменить исправной — трудно. Дело в том, что корпус таких микросхем имеет на дне контактную площадку, выполняющую функцию теплоотвода, которую надо припаять к площадке на печатной плате. Такая замена потребует разогрева алюминиевой платы, а о трудностях этой процедуры сказано выше.

Итак, неисправный светодиод найден, и его надо удалить с платы. Сделать это можно, аккуратно разрушив его корпус с помощью скальпеля или небольшой остро заточенной отвёртки и удалить остатки. Затем паяльником надо освободить площадки для пайки исправного светодиода. При этом желательно использовать легкоплавкий припой.

После этого сразу возникает вопрос: где взять исправный светодиод? Поскольку в быту, как правило, используется несколько однотипных ламп, в качестве донора светодиодов может служить аналогичная лампа, которая раньше уже вышла из строя. С её платы можно снять исправные светодиоды. Эту плату надо вынуть из лампы и, используя специальный нагреватель для плат или утюг, аккуратно с помощью пинцета снять с неё светодиоды.

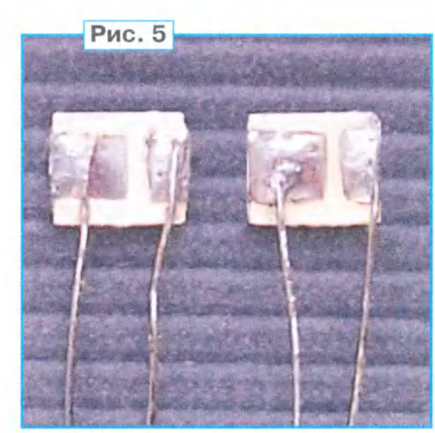

Рис. 5


Рис. 3

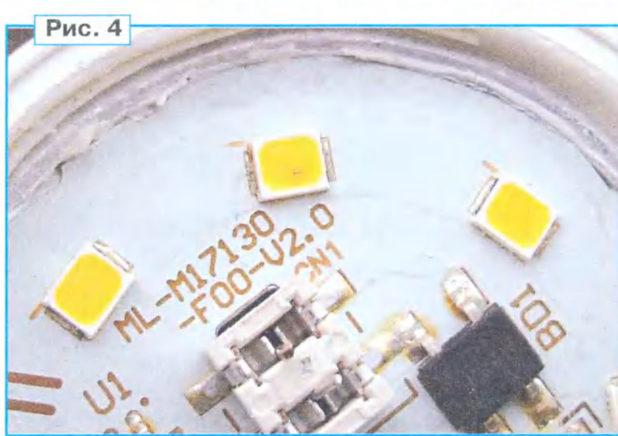


Рис. 4

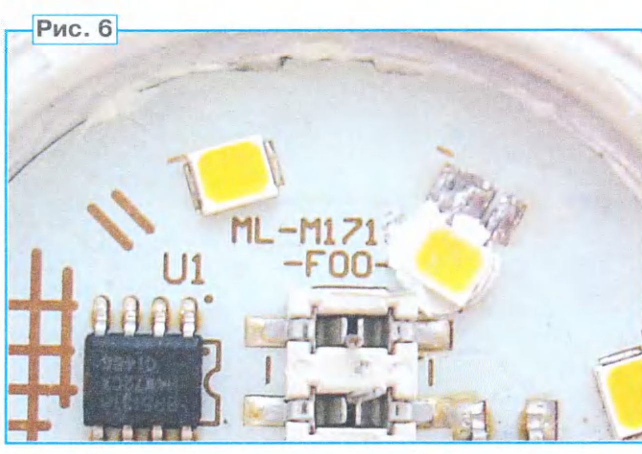


Рис. 6

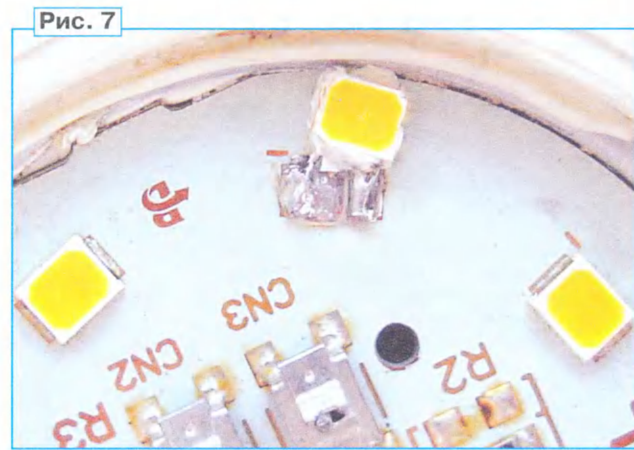


Рис. 7

Но установить исправный светодиод непосредственно на место неисправного непросто, о чём сказано выше. Выходом из этой ситуации может быть установка исправного светодиода не на посадочное место удалённого, а рядом с ним, используя для этого короткие отрезки лужёного медного провода. Для этого сначала к контактным площадкам светодиода припаивают такой провод диаметром около 0,2 мм (**рис. 5**). Затем провода припаивают к контактным площадкам на плате лампы.

Но сразу возникает очередной вопрос: как отводить тепло от такого светодиода? Для этого его надо установить на густую теплопроводящую пасту или термопроводящий клей. Для этого

после припаивания светодиод приподнимают над платой, под него наносят порцию теплопроводящей пасты и с небольшим усилием прижимают его к плате. Паста (или теплопроводящий клей) и отрезки провода должны удерживать светодиод на поверхности платы. Главное, чтобы он был плотно установлен на плате и держался на ней. В зависимости от конкретной ситуации светодиод можно разместить как ближе к центру платы (**рис. 6**), так и ближе к её краю (**рис. 7**).

Если есть светодиоды на замену, описанный выше несложный ремонт можно сделать сравнительно быстро.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Щуп-пробник светодиодов и светодиодных матриц. — Радио, 2021, № 5, с. 28—30.

2. **Нечаев И.** Пробник высоковольтных светодиодных матриц. — Радио, 2021, № 12, с. 32—34.

3. **Нечаев И.** Тестер варисторов, супрессоров, стабилитронов, неоновых ламп, газовых разрядников, светодиодных матриц. — Радио, 2022, № 1, с. 17—21.

4. **Нечаев И.** Вариант тестера варисторов, супрессоров, стабилитронов, неоновых ламп, газовых разрядников, светодиодных матриц. — Радио, 2022, № 3, с. 27—29.

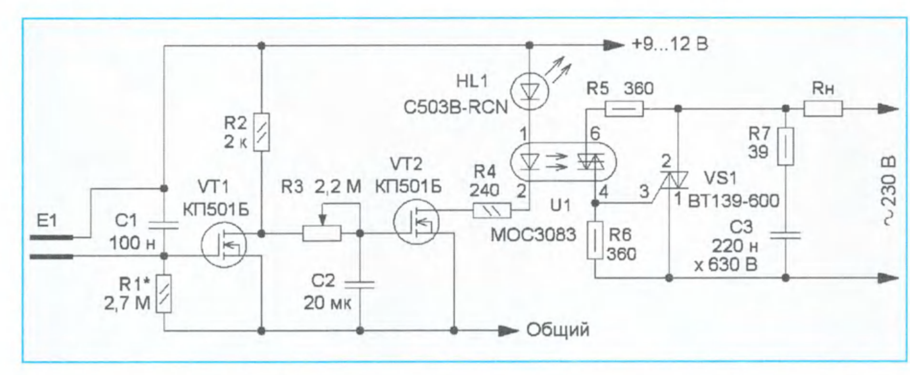
Устройство контроля уровня жидкости с задержкой включения/отключения

Д. ПАНКРАТЬЕВ, г. Ташкент, Узбекистан

Устройства контроля уровня жидкости, как правило, обеспечивают моментальную остановку нагнетающей системы при достижении определённого уровня жидкости. Но в реальных системах обычно изменение уровня происходит с высокой скоростью за счёт протечек в гидравлической системе либо за счёт испарения из-за её недостаточной герметичности. При этом частота циклов нагнетания будет также повышена. Это приводит к ускоренному износу частей механизмов.

На практике для исправления этого недостатка производят регулировку датчика уровня. Однако, во-первых, это приходится делать неоднократно до достижения компромиссного результата, во-вторых, периодически повторять эту процедуру по мере изменения характеристик системы со временем. Предлагаемое устройство позволяет исключить необходимость проведения сравнительно трудоёмкой механической регулировки, заменив её электронной. Принцип действия основан на введении задержки отключения по времени, регулировкой которой устанавливается фактический уровень наполнения ёмкости.

Схема устройства показана на **рисунке**. В начальном состоянии транзистор VT1 закрыт. Конденсатор C2 заряжен до напряжения питания, поэтому транзистор VT2 открыт. Через излучающий диод оптрона и светодиод HL1 протекает ток, симистор VS1 открывается в начале каждого полупериода сетевого напряжения, и на нагрузку поступает напряжение. При повышении уровня жидкости в определённый момент происходит "замыкание" контактов датчика E1. Это приводит к открыванию транзистора VT1 и началу разрядки конденсатора C2 через резистор R3 и сток—исток транзистора VT1. При уменьшении напряжения на конденсаторе C2 до 2... 3 В транзистор VT2 закрывается, и нагрузка будет обесточена. Продолжительность задержки определяется сопротивлением R3 и ёмкостью конденсатора C2. Резистор R2 на этот процесс практически не влияет. При понижении уровня жидкости происходит "размыкание" контактов датчика и устройство возвращается в первоначальное состояние. Максимальная длительность задержки включения/отключения составляет около 1 мин. При необходимости ввести задержку только на отключение достаточно параллельно резистору R3 установить дополнительный диод анодом к стоку транзистора VT1. Конденсатор C1 предназначен для исключения ложных срабатываний от помех при подключении датчика с помощью длинной линии. Светодиод HL1 служит для индикации состояния устройства.



Налаживание заключается в подборке резистора R1 по устойчивому срабатыванию датчика устройства. Питание устройства осуществляется от нестабилизированного источника с напряжением 9...12 В, максимальный потребляемый ток не превышает 25 мА.

Ток, проходящий через контакты датчика, ничтожно мал, а исполнительные цепи имеют надёжную гальваническую развязку от измерительно-управляющих, поэтому устройство может быть безопасно применено для поддержания уровня в том числе проводящих горючих жидкостей и смесей, например спирта.

Полевые транзисторы VT1, VT2 — КП501 с любым буквенным индексом, ZVN2120A, BSS295, 2N7000, 2N7002. Конденсаторы C1, C3 — К73-17, причём конденсатор C3 — на номинальное напряжение 630 В, C2 — два или три конденсатора серии MPR (CBB22) с сопротивлением утечки не менее 10 МОм. Постоянные резисторы — МЛТ, С2-33, переменный — СП3-4ам с линейной функциональной характеристикой. Оптопара U1 — MOC3081—MOC3083. Светодиод HL1 — любой маломощный красного свечения. Тип симистора определяется требуемой мощностью коммутируемой нагрузки. Применённый в устройстве симистор BT139-600 позволяет коммутировать нагрузку мощностью до 3,5 кВт. Для симисторов других типов следует воспользоваться их справочными данными. Дополнительный диод — любой из серий КД521, КД522, КД102, КД103.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Доработка светодиодного фонаря-2

С. БИРЮКОВ, г. Москва

Напряжение Li-Ion аккумулятора немного больше, чем требуется для питания светодиода белого свечения, поэтому непосредственное подключение затруднено необходимостью стабилизации тока при сильно изменяющейся разности напряжений на аккумуляторе и светодиоде в процессе разрядки аккумулятора. Возможные варианты решения этой задачи описаны в статье.

В малогабаритном светодиодном фонаре с девятью параллельно включёнными светодиодами питание осуществлялось от батареи из трёх последовательно соединённых гальванических элементов типоразмера AAA с общим напряжением 4,5 В через ограничительный резистор сопротивлением 13 Ом, обеспечивающий ток 100 мА при свежей батарее. Для установки в него одного Li-Ion аккумулятора того же типоразмера необходимо было дополнить фонарь драйвером, обеспечивающим стабилизацию тока через светодиоды и, по возможности, максимально использующим ёмкость аккумулятора.

Свежезаряженный Li-Ion аккумулятор выдаёт напряжение около 4,2 В, которое при разрядке малым током (примерно 0,2 от ёмкости в ампер-часах) вначале несколько падает, затем плавно почти линейно уменьшается до 3,4...3,5 В, после чего быстро снижается (**рис. 1**, зелёная кривая).

К светодиодам фонаря при требуемом токе 100 мА необходимо приложить напряжение 3,2 В, поэтому от регулирующего элемента драйвера (стабилизатора тока) требуется, чтобы он поддерживал требуемый ток при падении напряжения на нём от 100 мВ до 1 В. Ограничительный резистор здесь не подходит, нужна активная стабилизация. Схема разработанного драйвера для фонаря приведена на **рис. 2**.

При включении фонаря напряжение аккумулятора через резисторы R1 и R3 плавно заряжает конденсатор C1, поступает на затвор транзистора VT2 и открывает его, через резистор R1 и светодиоды EL1—EL9 начинает течь ток. Резистор R1 служит датчиком тока, при токе 100 мА падение напряжения на нём равно 22 мВ. Это напряжение микросхема DA1 превращает [1—4] в вытекающий из вывода 1 ток 220 мкА, который создаёт на резисторе R2 напряжение около 0,66 В. Транзистор сборки DA2.1 открывается, его ток стока останавливает возрастание напряжения на затворе транзистора сборки DA3.1, замыкается цепь обратной связи, ток через светодиоды стабилизируется. Корректировать этот ток можно подбором резистора R2. Конденсатор C1 служит, в основном, для устранения генерации.

Транзисторы использованы из состава транзисторных сборок GTT8205S (FS8205), в каждой из которых — по два n-канальных МОП-транзистора, стоки которых соединены. Выводы истока и затвора неиспользуемого транзистора подключены к соединённым между собой стокам. Эти транзисторы по своим характеристикам довольно уникальны. При очень маленьком корпусе с размерами 3×1,8 мм они допускают ток стока 6 А, имеют сопротивление канала около 0,04 Ом, типовое пороговое напряжение — около 0,8 В (при токе стока 250 мкА), вполне соизмеримое с напряжением база—эмиттер биполярных транзисторов. Они широко используются в защитных платах Li-Ion аккумуляторов и батарей из них в ключевых режимах. Примерно такими же электрическими параметрами обладают транзисторы микросхем FS8205A, но конструктивно они менее удобны.

Все элементы драйвера установлены на печатной плате размерами 10,5×20,5 мм, приобретённой в интернет-магазине. На плате на расстоянии 7,62 мм друг от друга выполнены два ряда по восемь металлизированных отверстий с шагом 2,54 мм и пары контактов для элементов, предназначенных для поверхностного монтажа [5]. На **рис. 3** схематически показана установка элементов на плате и подключение к ней цепей фонаря, на **рис. 4** приведены фотографии платы с обеих сторон с установленными элементами. Резистор R1 и конденсатор C1 смонтированы на обратной стороне платы. Такую плату помещают на место одного элемента питания типоразмера AAA фонаря.

При сборке целесообразно вначале распаять транзисторные сборки GTT8205S, убедиться в их исправности и правильности установки, затем установить на плату все остальные элементы, кроме резистора R2. Этот резистор нужно подпаять на длинных выводах и подобрать так, чтобы ток через светодиоды (можно измерять ток, потребляемый платой с подключёнными светодиодами) соответствовал требуемому или был несколько меньше. Если ток при подобранном резисторе меньше необходимого, следует впаять в плату R2, а затем параллельно ему подключить рассчитанный или подобранный резистор для обеспечения нужного тока. Дополнительный резистор устанавливают на плату с обратной стороны под основным. После установки резисторов на плату перед измерением тока следует давать плате остыть после пайки, поскольку параметры транзисторов зависят от температуры.

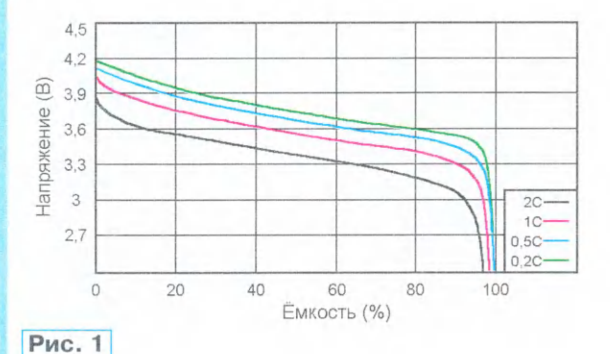


Рис. 1

Рис. 2



Рис. 3

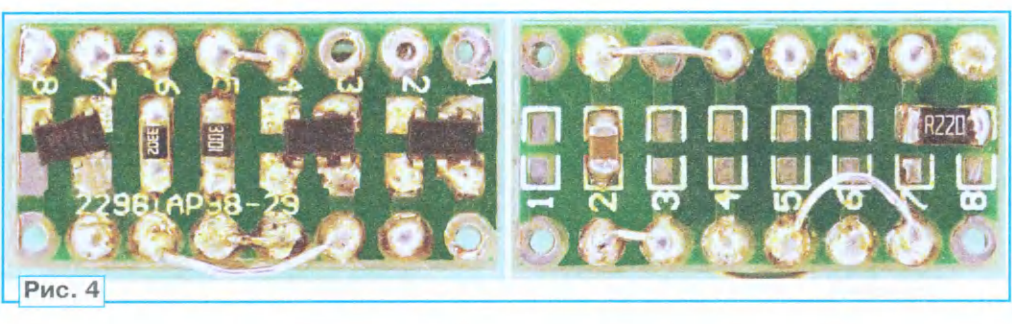


Рис. 4

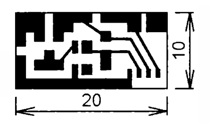


Рис. 6

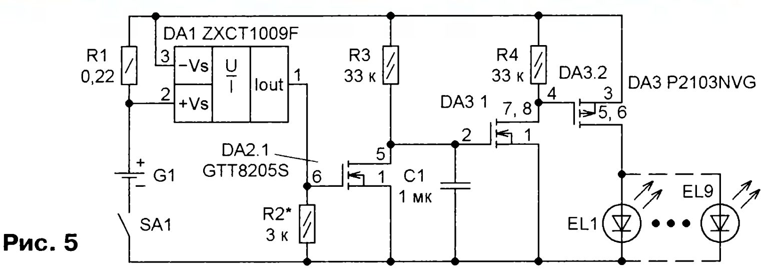


Рис. 5

К +EL1–EL9

К +G1

К SA1

Рис. 7

Транзисторная сборка GTT8205S может рассеивать мощность до 1 Вт, поэтому такой драйвер подойдёт для доработки практически любых осветительных приборов, в которых светодиоды соединены параллельно. Для удобства зарядки аккумулятора можно дополнить фонарь зарядной платой на основе микросхемы TP4056 или TP5100 (если есть место), аналогично тому, как желательна, поскольку нужно будет обеспечить довольно большой ток базы, а напряжение насыщения биполярных транзисторов заметно больше, чем падение напряжения на применённых МОП-транзисторах.

При установке на месте DA3.1 более мощного МОП-транзистора с низким пороговым напряжением, например IRL540N, можно дорабатывать и значительно более мощные осветительные приборы, не меняя остальной схемы драйвера.

Вообще говоря, питание светодиодов от одного Li-Ion аккумулятора по такой схеме удобнее, чем от двух с понижающим преобразователем, как это сделано в [6],

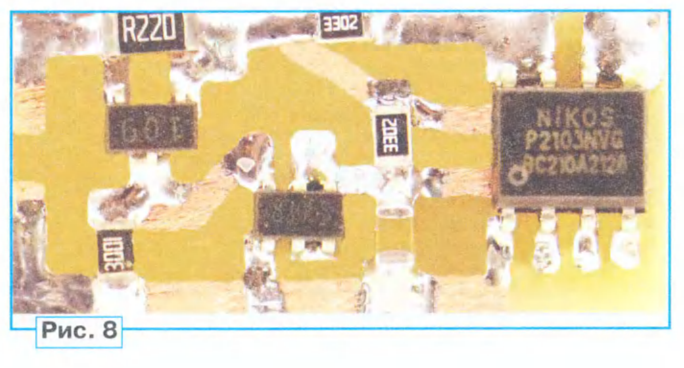


Рис. 8

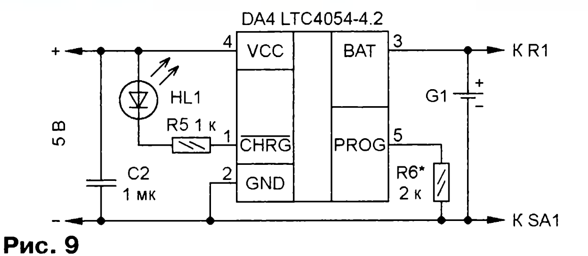


Рис. 9

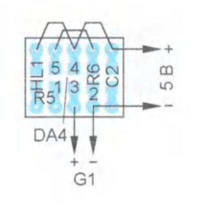


Рис. 10

это сделано в [6], причём для её питания подойдёт стандартное телефонное зарядное устройство с выходным напряжением 5 В.

На месте DA2.1 можно установить практически любой маломощный кремниевый биполярный транзистор структуры n-p-n, например серии КТ3102, однако несколько увеличится температурная нестабильность тока светодиодов. Для DA3.1 такая замена менее поскольку не надо заботиться о подборе аккумуляторов с одинаковой ёмкостью или устанавливать плату для их балансировки, а драйвер на плате по рис. 4 занимает меньше места, чем любой понижающий стабилизатор. Если же ёмкости одного аккумулятора недостаточно, лучше поставить параллельно два аккумулятора или более, в этом случае не надо заботиться об их балансировке, она осуществляется автоматически.

Когда статья уже была подготовлена, автору довелось доработать ещё один фонарь, особенностью которого было жёсткое соединение минусовых выводов светодиодов и выключателя с металлическим корпусом. За основу была взята схема рис. 2, добавлен ещё один каскад на МОП-транзисторе с р-каналом (**рис. 5**). Для второго и третьего каскадов использована транзисторная сборка DA3 P2103NVG, которая содержит два МОП-транзистора — с каналами n и р и низким пороговым напряжением — от 0,8 до 2,5 В.

Устанавливать такую микросхему на использованную в предыдущем варианте плату неудобно, все детали были собраны на печатной плате размерами 10×20 мм (**рис. 6**). Расположение элементов в масштабе 2:1 показано на **рис. 7**. Для обеспечения возможности подбора для резистора R2 предусмотрено два посадочных места. На плате было предусмотрено место для установки блокировочного конденсатора по цепи питания, но это не потребовалось.

Фото смонтированной платы приведено на **рис. 8**. Здесь также возможна замена транзисторов на биполярные соответствующей структуры.

Если в фонаре нет места для установки готового зарядного устройства, его можно собрать на основе микросхемы LTC4054, которая обеспечивает все необходимые требования для зарядки Li-Ion аккумуляторов (**рис. 9**). Нумерация элементов на рис. 9 продолжает нумерацию рис. 5. Светодиод HL1 включён, пока идёт зарядка, и выключается после её окончания.

Резистор R6 выбирают в соответствии с требуемым зарядным током I аккумулятора, его сопротивление вычисляют по формуле

R6 (кОм) = 1000/I (мА).

Например, для зарядки аккумулятора типоразмера АА ёмкостью 900 мА·ч необходим ток 300 мА, R6 = 3,3 кОм.

Зарядное устройство можно собрать на такой же плате, как и драйвер на рис. 4 (**рис. 10**). Эту плату удобно не

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

разделять с платой драйвера, примерно так, как это показано на рис. 5 в [5].

Резистор R5 устанавливают с противоположной стороны платы, как R1 на рис. 4. Вывод 2 микросхемы DA4 подпаивают к тонкому проводу, пропущенному через отверстие, просверленное в плате между контактными площадками.

При выключении фонаря аккумулятор не требуется отключать от зарядного устройства, поскольку ток, потребляемый им в ждущем режиме от аккумулятора, равен единицам микроампер, и для его разрядки таким током потребуется не менее десяти лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Микросхема ZXCT1009F и конструкции на её основе. Часть 1. Измерение большого постоянного и переменного токов. Приставка к мультиметру. — Радио, 2018, № 11, с. 55—59.

2. **Нечаев И.** Микросхема ZXCT1009F и конструкции на её основе. Часть 2. Устройства защиты и ограничители (стабилизаторы) тока. — Радио, 2018, № 12, с. 53—56.

3. **Нечаев И.** Микросхема ZXCT1009F и конструкции на её основе. Часть 3. ЗУ и устройство питания микродрели. — Радио, 2019, № 1, с. 58—60.

4. **Бирюков С.** Зарядное устройство ... из кубиков. — Радио, 2021, № 12, с. 13, 14.

5. **Бирюков С.** Универсальный эквивалент нагрузки. — Радио, 2022, № 4, с. 12—15.

6. **Бирюков С.** Доработка светодиодного фонаря. — Радио, 2022, № 5, с. 39, 40.

Барометр-термометр с питанием от литиевого элемента CR2477

А. КУЗЬМИНОВ, г. Москва

В статье приведена конструкция барометра-термометра на основе хорошо известного MEMS-датчика BMP280 компании Bosch Sensortec, нового 51-совместимого микропотребляющего микроконтроллера EFM8SB10F8 (Silicon Laboratories) и ЖКИ RDN0007-PAN-#00 (Raystar Optronics) — обновлённого аналога популярных ЖКИ TI8148 и TIC55. Отличительная особенность прибора — низкое энергопотребление. Для питания устройства используется распространённый литиевый элемент CR2477 напряжением 3 В и ёмкостью 1 А·ч, которого хватает для непрерывной работы прибора как минимум на пять лет при обновлении показаний атмосферного давления и температуры один раз в пять минут.

Барометры-термометры на основе датчика BMP280 широко распространены. Однако все они либо требуют отдельного сетевого источника питания, либо достаточно ёмких аккумуляторов, нуждающихся в частой зарядке. Изредка можно найти в Интернете подобные устройства с питанием от гальванических элементов (так называемых таблеток), однако срок их работы недолог, и элементы часто приходится менять. Такое положение вещей объясняется тем, что все эти устройства для своей работы потребляют значительную энергию, понизить которую не позволяют три причины.

Во-первых, в большинстве случаев, в таких устройствах используют широко распространённые 32-разрядные микроконтроллеры (МК) в составе плат Arduino, Raspberry Pi, STM32 и им подобные, потребляющие значительный ток — десятки миллиампер.

Во-вторых, хотя BMP280 позволяет производить обмен данными с МК по двум интерфейсам SPI и I^2C, в 99 % случаев связь МК с BMP280 производится по низкоскоростному двухпроводному интерфейсу I^2C, требующему наличия достаточно низкоомных нагрузочных резисторов, подключённых к линии питания, которые потребляют значительный ток — до единиц миллиампер. Низкая скорость I^2C определяется, во-первых, физическими свойствами этого интерфейса, во-вторых, достаточно сложным протоколом обмена данными BMP280 с МК, который тратит на такой обмен много времени и программной памяти. Интерфейс I^2C целесообразно использовать, когда к МК подключены несколько устройств на одну и ту же двухпроводную шину, но если подключено всего одно устройство, например BMP280, то использование этого интерфейса становится бессмысленным. В отличие от I^2C, интерфейс SPI не требует никаких резисторов для своего функционирования, связь МК и BMP280 осуществляется напрямую. Кроме того, SPI имеет на порядок большую скорость обмена — до 10 Мбод у МК EFM8SB10F8 и BMP280 благодаря своей физической реализации и примитивному протоколу обмена, из-за чего обмен информацией МК и BMP280 занимает очень короткое время. А чем меньше это время, тем меньше работают МК и BMP280 в активном режиме, потребляя ток до единиц миллиампер, в отличие от режима сна (sleep-режим), в котором МК и BMP280 потребляют десятые доли микроампер (EFM8SB10F8 — 0,5 мкА, BMP280 — 0,1 мкА). Поэтому, если такой обмен информацией идёт, например, один раз за пять минут (за такое время давление и температура вряд ли существенно изменятся), а всё остальное время находятся в состоянии сна, то общее потребление энергии подобного устройства существенно снижается.

Третий тип устройств, связанных с высоким потреблением тока, — это средства отображения измеряемой информации. В подавляющем большинстве устройств, использующих BMP280, в качестве таких средств применяются светодиодные индикаторы, потребляющие до десятков, а то и сотен миллиампер. Реже используются матричные OLED-дисплеи, у которых потребляемый ток может быть в пределах 20...50 мА. Иногда можно найти устройства, где используются матричные ЖК-дисплеи, потребляющие ток до нескольких миллиампер. В то же время имеются семисегментные ЖКИ, потребление тока которых — всего несколько микроампер (максимум до десяти микроампер), но устройств МК с BMP280, использующих такие ЖКИ, крайне мало, и они, как правило, используют МК с достаточно высоким потреблением тока.

Таким образом, резюмируя вышесказанное, можно отметить, что имеются три проблемы, не позволяющие использовать BMP280 в устройствах на основе МК с батарейным питанием и долгим сроком эксплуатации без замены элементов питания. В предлагаемой статье приведено устройство, где все эти три проблемы сняты.

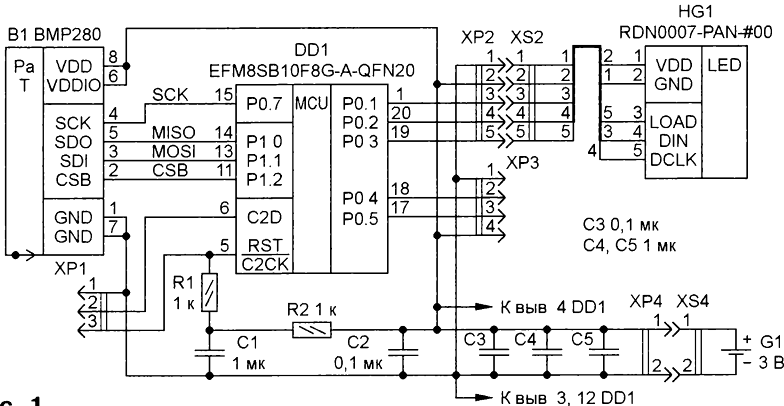


Рис. 1

Схема устройства приведена на **рис. 1**. Как видно, она очень проста. Основа устройства — МК DD1 (EFM8SB10F8G-A-QFN20) в корпусе QFN20 размерами 3×3 мм. Потребление тока МК в sleep-режиме, как указано выше, всего 0,5 мкА (SB в названии МК — сокращение от Sleepy Bee). BMP280 сопрягается с МК по четырёхпроводному интерфейсу SPI сигналами MISO, MOSI, SCK и CSB. Последний сигнал используется в качестве выбора кристалла (Chip Select — CS). Для МК это трёхпроводный SPI без использования сигнала NSS, выставляемого автоматически в четырёхпроводном режиме после передачи/приёма каждого байта. Сигнал CSB устанавливается в программе "вручную" тогда, когда это требуется, в начале и в конце обмена при передаче или приёме байта или массива байтов.

С ЖКИ МК сопрягается с помощью трёх сигналов: DIN (данные), DCLK (сигнал, стробирующий данные) и LOAD (сигнал, который кратковременно изменяет своё состояние с низкого уровня на высокий и обратно и предназначен для сохранения всех полученных ЖКИ данных). Эти три сигнала, линия питания (+3 В) и общий провод выведены на пятиштырьковый разъём XP2 (PLL-5R1). К этому разъёму одним концом, снабжённым пятиконтактной вилкой XS2 (PBS1.27-5), подключают кабель связи с ЖКИ, а второй его конец непосредственно припаян к контактам ЖКИ.

Питается устройство от литиевого элемента (таблетки) CR2477-PCN2 диаметром 24 мм и толщиной 7,7 мм с приваренными контактами. Вместо него можно использовать обычный элемент CR2477 и батарейный отсек для него. Ёмкость таких элементов — 1 А•ч. Для подключения на плате предназначен двухконтактный штыревой разъём XP4 (PLS-2R1). К этому разъёму одним концом, снабжённым двухконтактной вилкой XS4 (PLSF-2), подключён двухпроводный кабель, который своим вторым концом припаян либо к контактам, подключаемым к контактам элемента, как в авторском устройстве, либо к контактам батарейного отсека.

Конденсаторы C2—C5 — блокировочные по цепи питания. Все резисторы и конденсаторы (керамические, рассчитанные на номинальное напряжение не менее 10 В) — для поверхностного монтажа типоразмера 0603.

Программировать МК можно двумя способами. Первый вариант — с помощью USB DEBUG адаптера, который сопрягают с компьютером по интерфейсу USB, а с МК — по двухпроводному интерфейсу C2. Для этого предназначен трёхконтактный штыревой разъём XP1 (PLL-3R1), на который выведены два сигнала RST/C2CK, C2D и общий провод. Для сопряжения используют кабель, который одним концом с ответной трёхконтактной вилкой подключают к разъёму XP1, а второй его конец соединяют с разъёмом USB DEBUG адаптера с интерфейсом C2. Схему такого кабеля можно найти в [1]. Цепь R1R2C1 используется для штатной работы интерфейса C2 и штатной работы МК при включении питания.

Второй вариант — по интерфейсу RS232 с помощью COM-порта компьютера. Для сопряжения используется четырёхконтактный штыревой разъём XP3 (PLL4-R1), на который выведены два сигнала TxD, RxD, линия питания (+3 В) и общий провод. К этому разъёму подключают преобразователь уровней интерфейса RS232—TTL, а к нему — кабель сопряжения с COM-портом компьютера. Все схемы и подробное описание этого режима программирования можно найти в [2]. Для перевода МК в этот режим программирования необходимо замкнуть перемычкой (джампером) контакты 1 и 2 разъёма XP1.

Готовая к загрузке программа в hex-формате — EFM8SB10F8G-A-QFN20_3.hex — приведена в дополнительных материалах к статье на сайте журнала. Её можно записать в МК любым из двух способов, о которых было упомянуто выше. В принципе, на этом можно было бы и закончить часть статьи о программных средствах, однако автор счёл своим долгом поделиться некоторыми ключевыми моментами программы и "багами", обнаруженными автором, с теми, кто имеет желание, возможность и навыки программирования и захочет самостоятельно написать свою программу. Дальнейшее изложение предполагает, что информация о МК EFM8SB10F8G-A-QFN20 (справочный листок — datasheet и руководство пользователя — Reference Manual) и о BMP280 (справочный листок — datasheet) уже известны, если нет, их можно легко найти в Интернете и ознакомиться с ними. Кроме того, предполагается, что информация о среде программирования Simplicity Studio v.4 (Silicon Laboratories) также известна.

Вначале о сути работы программы. В самом начале программы идёт обращение к подпрограмме инициализации всех устройств МК, затем программа считывает идентификационный номер BMP280 (ID), равный 58h, и выводит его на экран ЖКИ ("58") в течение приблизительно двух секунд. Если при включении питания на экране появляется этот номер, значит, к МК подключён именно BMP280, и его связь с МК по интерфейсу SPI работает верно. Далее идёт считывание калибровочных коэффициентов для давления P (их девять) и температуры T (их три), которые настраиваются на заводе-изготовителе, записываются в постоянную память BMP280 и доступны только для чтения. После этого происходит инициализация BMP280 в нормальном режиме работы (mode_normal), выбирается число усреднений АЦП для температуры (T_sampling) и давления (P_sampling), фильтр выключается (FILTER_OFF), а время работы в этом режиме устанавливается максимальным — 1 с = 1000 мс (STANDBY_1000).

Здесь необходимо напомнить, что BMP280 имеет три режима работы: режим сна (mode_sleep), нормальный режим (mode_normal) и режим принудительного или форсированного измерения (mode_force). В режиме сна BMP280 ничего не измеряет, а просто "спит". В нормальном режиме работы измерения производятся через каждый, заранее установленный интервал времени (в нашем случае — через 1 с), после чего BMP280 автоматически переходит в режим сна и "просыпается" по истечении этого времени для следующего измерения. В форсированном режиме работы измерения производятся только тогда, когда это требуется, после чего BMP280 также автоматически переводится в режим сна. Для повышения точности измерения АЦП имеет возможность производить передискретизацию как по давлению (P_sampling), так и по температуре (T_sampling) и усреднение полученных результатов, а для снижения шума АЦП может использоваться специальный фильтр, который можно включать и выключать (FILTER_OFF). Инициализация BMP280 производится только в нормальном режиме работы.

После инициализации BMP280 переводится в режим форсированного измерения (mode_force). Далее начинается (стартует) измерение давления P и температуры T. В этом месте программы

установлена метка start, на которую программа возвращается после всех измерений, обработки полученных результатов, вывода их на экран ЖКИ и окончания режима сна, т. е. в нашем случае — через пять минут.

После измерения P (ADC_P) и T (ADC_T) по формулам, приведённым в справочном листке BMP280, производится расчёт реальной температуры (temp) и давления (press) с учётом калибровочных коэффициентов — именно в такой последовательности, так как в расчёт press входит temp. Далее результаты выводятся на экран ЖКИ, и МК "засыпает" на пять минут, по истечении которых программа возвращается на метку start, т. е. всё повторяется в бесконечном цикле. Вот и вся суть программы.

Один из ключевых моментов программы — вход МК в режим сна (sleep-режим) и выход из него. Ниже этот момент программы рассмотрен более подробно.

Прежде всего, необходимо напомнить, что после входа в sleep-режим все устройства МК, включая его процессор, отключены, кроме специального устройства управления потреблением энергии (Power Monitor Unit — PMU) и специального таймера (Real Time Clock — RTC) со встроенным в него микропотребляющим НЧ-генератором (LFOSC0), работающим на частоте 16,4 кГц. Одной из причин (или событий) выхода из sleep-режима является достижение счётчика в RTC своего максимального значения — в программе используется именно оно. Это значение, эквивалентное времени около пяти минут, записывается в RTC ещё на этапе инициализации устройств МК. RTC, досчитав до этого максимума, автоматически сбрасывается (авторесет) и начинает счёт с начала. При этом RTC генерирует тревожный сигнал (alarm). Это событие (alarm от RTC — источник выхода из sleep-режима) кодируется в регистре PMU0CF (PMU) специальным битом. Кроме того, при наступлении этого события в регистре PMU0CF автоматически устанавливается специальный флаг, для которого предусмотрен свой бит. При выходе из sleep-режима этот флаг необходимо сбросить программно. В активном режиме системная тактовая частота работы процессора МК (SYSCLK) устанавливается равной частоте специального малопотребляющего ВЧ-генератора LPOSC0 — 20 МГц. Это происходит ещё на этапе инициализации устройств.

Теперь, после этих предварительных замечаний, несложно уже понять рекомендуемую производителем МК EFM8SB10 последовательность входа/выхода в/из sleep-режима. Как следует из справочного руководства, она состоит в следующем.

Вначале необходимо отключить все аналоговые периферийные устройства (АЦП, компараторы и т. п.). Но поскольку в нашем случае они не используются, их можно отключить ещё на этапе инициализации устройств, поэтому этот пункт выполнять не требуется. А вот интерфейс SPI, скорость работы которого определяется системной тактовой частотой (SYSCLK), а она, в свою очередь, определяется частотой работы маломощного генератора LPOSC0 (20 МГц), следует отключить, поскольку следующим пунктом будет отключение генератора LPOSC0 и переключение SYSCLK на частоту работы RTC, а она, в свою очередь, определяется частотой работы микромощного низкочастотного генератора LFOSC0 (16,4 кГц). Поэтому, во избежание неадекватной работы SPI при смене частот SYSCLK, и требуется отключение SPI.

Далее следует переключить SYSCLK на работу от RTC (16,4 кГц).

После этого необходимо войти в sleep-режим, установив в регистре PMU0CF SLEEP-бит и бит выхода из sleep-режима по alarm от RTC. Здесь следует добавить, что никакие логические операции (логического умножения & или логического сложения |) с регистром PMU0CF не допускаются, или, другими словами, в PMU0CF должно быть записано строго определённое число.

Далее следует выйти из sleep-режима, предварительно выполнив четыре команды NOP (No Operation — нет операции, т. е. пустая команда), чтобы обеспечить повторную синхронизацию НЧ-генератора LFOSC0 с процессором. После этого необходимо переключить SYSCLK на работу от маломощного ВЧ-генератора LPOSC0 (20 МГц) и дождаться установки бита адекватной работы SYSCLK.

Здесь следует добавить, что после того как произойдёт событие, по которому осуществляется вход в sleep-режим, в данном случае — по alarm от RTC, в PMU автоматически установится бит (флаг) этого события. Поэтому для повторного входа в sleep-режим через время, определяемое RTC, в нашем случае пять минут, этот флаг необходимо сбросить программно. Для этого в регистр PMU (PMU0CF) необходимо также записать определённое число, обнуляющее этот флаг и сохраняющее бит входа в sleep-режим по alarm от RTC.

В конце выхода из sleep-режима необходимо включить SPI.

Несмотря на такое пространное объяснение, по фрагменту основной программы (на C51), связанному с входом и выходом в/из sleep-режима, приведённому ниже, можно убедиться, что это достаточно простая процедура.

Таблица 1

```
//-----------------------
// Вход в sleep-режим
//-----------------------
SPI0CN0 &= 0xfe;//Запрет SPI.
CLKSEL=0x83; //SYSCLK = частота работы RTC (16 кГц).
_nop_ ();
_nop_ ();
_nop_ ();
_nop_ ();
PMU0CF=0x84;//Установка бита sleep-режима и бита
//входа в него по alarm'у от RTC(пять минут).
//-----------------------
// Выход из sleep-режима
//-----------------------
_nop_ ();
_nop_ ();
_nop_ ();
_nop_ ();
CLKSEL=0x04; //SYSCLK = LPOSC (20 МГц).
DEL10MS();
while ((CLKSEL & 0x80)==0);//Ожидание установки SYSCLK = LPOSC.
PMU0CF=0x24;//Сброс бита sleep-режима, флага от предыдущего входа
//в него и сохранение бита разрешения входа в sleep по alarm'у RTC.
SPI0CN0 |= 0x01;//Разрешение SPI.
//-----------------------
```

Здесь необходимо разъяснить, что после входа в sleep-режим (т. е. после выполнения команды PMU0CF=0x84;) сразу следуют четыре пустых команды (_nop_ ();), и, на первый взгляд, кажется, что выполнение этих команд начинается сразу же после выполнения предыдущей команды, по крайней мере, так написано в программе. Однако, поскольку в sleep-режиме процессор МК остановлен, а эти команды (инструкции) выполняются именно им, то они не будут выполняться до тех пор, пока не произойдёт событие выхода из sleep-режима, а этот выход, в свою очередь, наступит только тогда, когда поступит тревожный сигнал (alarm) от RTC, счётчик которого досчитает до максимального значения и обнулится по авто-ресету, т. е. через пять минут. Сами же эти четыре команды NOP требуются для синхронизации "проснувшегося" процессора с тактовой частотой НЧ-генератора LFOSC0 (16,4 кГц), встроенного в RTC.

Фрагмент основной программы, связанный со входом/выходом в/из sleep-режима, приведён в **табл. 1**.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Кузьминов А. Ю.** Связь между компьютером и микроконтроллером. Современные аппаратные и программные средства. — М.: Издательство "Перо", 2018.

2. **Кузьминов А.** Программирование микроконтроллеров EFM8 с помощью встроенного загрузчика программ. — Радио, 2018, № 12, с. 11—14.

(Окончание следует)

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Автомат управления стеклоочистителем

В. КИБА, г. Волжский Волгоградской обл.

Хотя сейчас век электроники и в автомобиль пытаются установить как можно больше электронных помощников, почему-то в более новых выпусках версий (рестайлинг) автомобилей могут отсутствовать очень удобные электронные приборы. Например, в автомобиле Hyundai Hetz до 2004 г. были бортовой компьютер и регулятор периода работы стеклоочистителей, а в рестайлинге после 2005 г. их уже нет. Если отсутствие бортового компьютера на скорость не влияет, то отсутствие регулятора периода работы стеклоочистителя очень напрягает, и в дождь приходится постоянно "дёргать" ручку стеклоочистителя.

Стеклоочиститель, описание которого приводится далее, автоматизирует работу как щёток, так и омывателя. Для управления ими используется энкодер, поворотом ручки которого регулируют период работы стеклоочистителя. После нажатия на кнопку энкодера включается автоматический режим очистки лобового стекла. Когда автомат выключен, стеклоочиститель и омыватель работают в обычном режиме.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Оно собрано на модуле А3 (Arduino nano), который управляет двигателями омывателя и стеклоочистителя. В автомате два режима работы: первый — ручное управление периодом, второй — автоматический режим. При включении питания микроконтроллер переходит в дежурный режим и ждёт действий оператора. При повороте ручки энкодера микроконтроллер включает стеклоочиститель и устанавливает период работы щёток. Поворотом влево увеличивают период, вправо — уменьшают. При нажатии на кнопку энкодера микроконтроллер прерывает первый режим и' включает автоматический, который нужен, чтобы упростить процесс очистки ветрового стекла от грязи во время движения автомобиля. Что мы обычно делаем, чтобы очистить ветровое стекло от грязи? Нажимаем на кнопку (или рычаг) омывателя. Ждём, пока на стекло набрызгает вода, и потом, не отпуская кнопки омывателя, включаем щётки. После того как грязь смыта со стекла, отключаем омыватель и ждём, когда щётки вытрут стекло насухо. Выключаем щётки.

Во время всего этого цикла, занимающего 5—7 с, ослабляется контроль за движением, автомобиль начинает уходить в сторону, поскольку вам необходимо отвлечься на управление омывателем и щётками, а на большой скорости и узкой дороге это может закончиться аварией.

В автоматическом режиме все эти четыре действия выполняются одним нажатием на кнопку энкодера. Включается омыватель на 1 с, потом включаются щётки, через 2 с отключается омыватель, и через 2 с выключаются щётки. Весь процесс занимает примерно 5 с, во время которого не надо отвлекаться от управления автомобилем. При нажатии на кнопку энкодера продолжительностью более 2 с устройство переходит в дежурный режим с подачей звукового сигнала и ждёт действий оператора. В программе в этом режиме можно изменять временные интервалы любых действий, вплоть до перестановки их

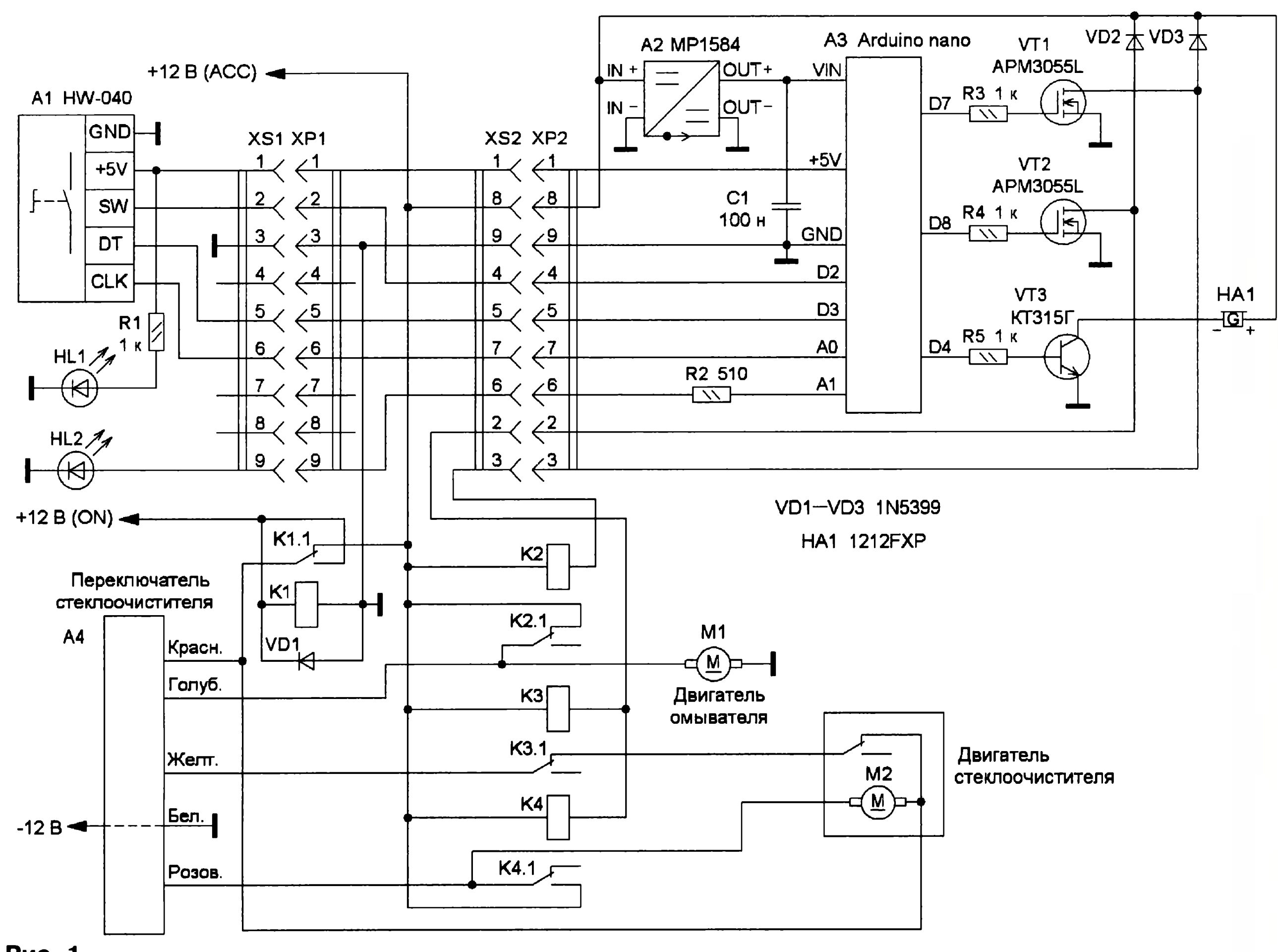
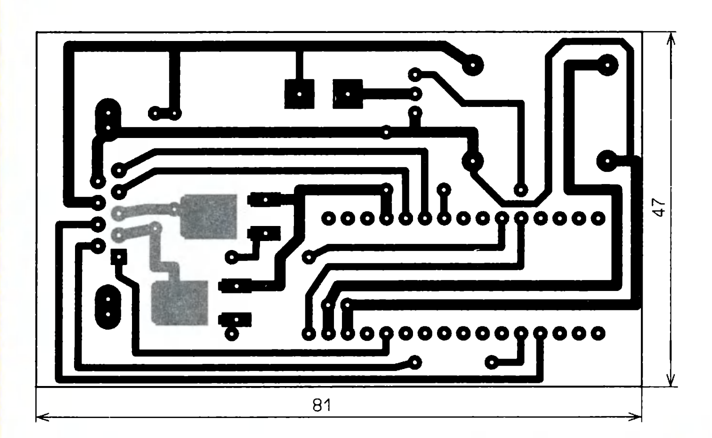
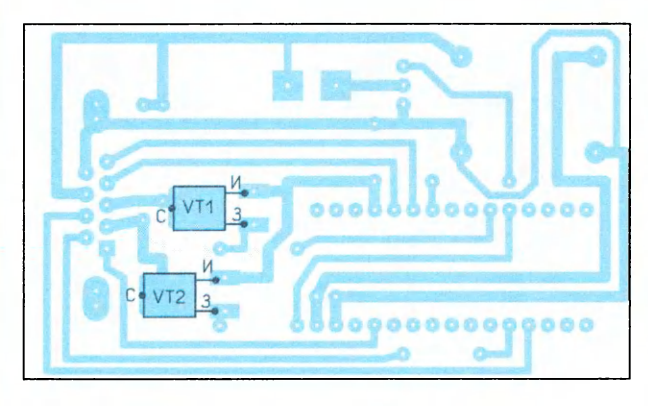


Рис. 1





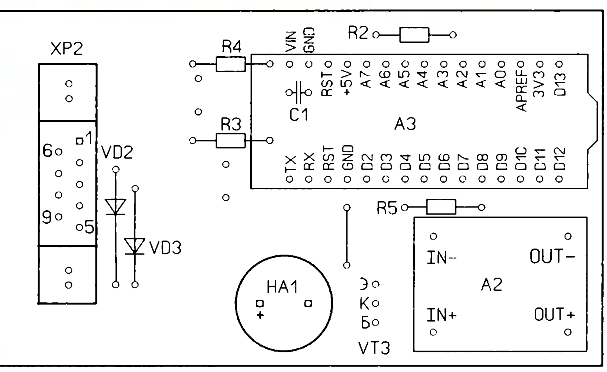


Рис. 2

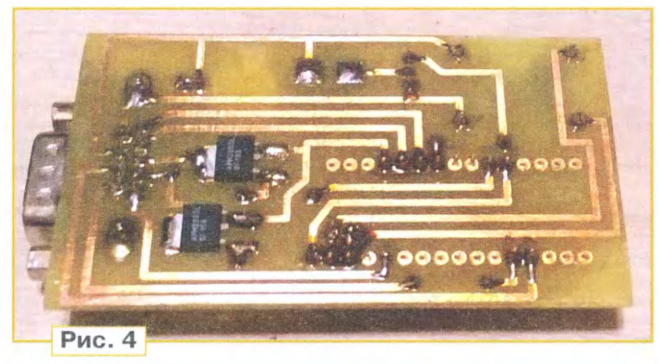


Рис. 4

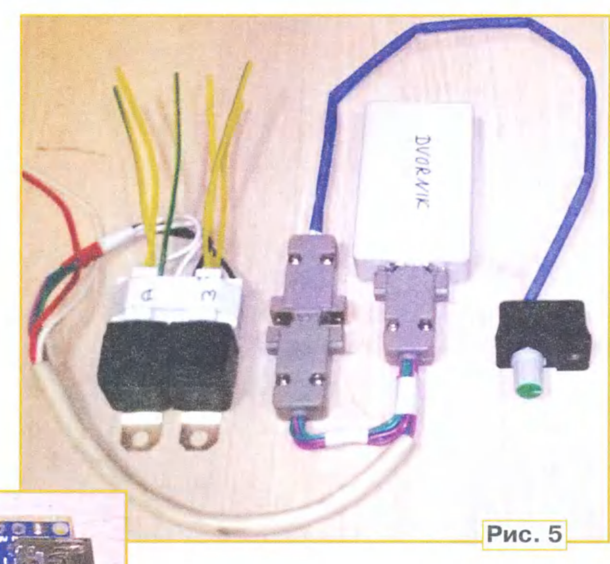


Рис. 5

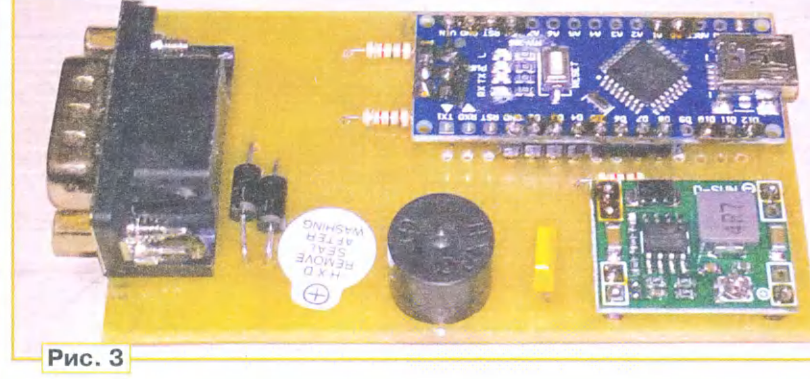


Рис. 3

местами, кому как удобно. После отработки автоматического режима микроконтроллер возвращается в ручной режим работы.

Детали устройства монтируют на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм, чертёж которой показан на **рис. 2**. Смонтированная плата показана на **рис. 3** и **рис. 4**. Она рассчитана на установку постоянных резисторов МЛТ, С2-33 или импортных, конденсатор С1 — К73-17. Реле К1—К4 — автомобильные марки 90.3747. Реле К3, К4 управляют стеклоочистителем, К2 — омывателем, К1 — переключает напряжение +12 В, подаваемое от замка зажигания. Светодиод HL1 зелёного свечения АЛ307ГМ — индикатор питания устройства. Светодиод HL2 красного свечения АЛ307БМ — индикатор включения стеклоочистителя. Вместо этих двух светодиодов можно использовать один двухцветный светодиод АЛС331А. Энкодер и светодиоды HL1, HL2 объединены в отдельном блоке и соединены с основной платой кабелем с девятиконтактным разъёмом COM (**рис. 5**) от компьютерного оборудования.

Через этот же разъём подаётся питание на устройство и реле К1—К4. Контакты реле включены в цепи питания электродвигателей. Энкодер установлен с левой стороны от рулевой колонки на месте отсутствующего корректора угла поворота фар, как показано на **рис. 6**.

Устройство смонтировано в пластмассовом корпусе размерами 85×50×23 мм, показанном на **рис. 7**, и установлено за приборной панелью. Там же установлены реле К1—К4, прикреплённые винтами к кронштейну



Рис. 6

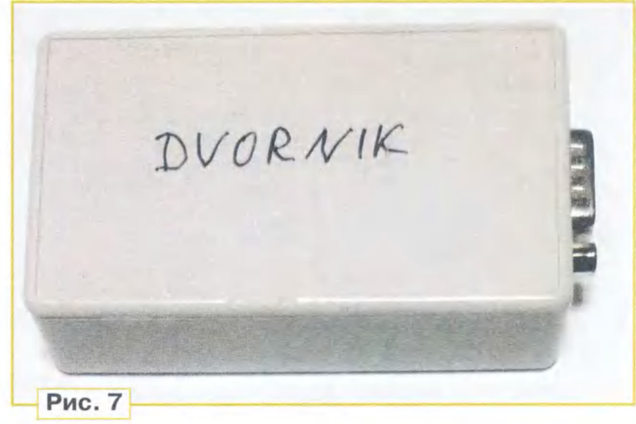


Рис. 7

рулевой колонки. Контакты реле проводами подключены к кабелю, идущему от переключателя, установленного на рулевой колонке.

Перед установкой модуля Arduino nano на плату устройства надо регулятором преобразователя А2 установить выходное напряжение 8 В. Собранный без ошибок автомат начинает работать сразу. Временные интервалы работы стеклоочистителя и омывателя можно изменять в программе.

Этот автомат был установлен на автомобиль Hyundai Getz 2008 г. выпуска дополнительно к переключателю работы стеклоочистителя, но может быть установлен на любой автомобиль.

Поскольку в программе автомата используется сторожевой таймер WDT, программа со старым Bootloader в плате Arduino nano работать не будет, микроконтроллер будет постоянно перезагружаться. Надо, чтобы модуль Arduino nano был с новым загрузчиком или самому загрузить его в неё. Как это сделать, можно найти информацию в Интернете. Все библиотеки, которые применены в программах, можно загрузить с сайта GitHub <**https://github.com/ru-doc**>.

***От редакции**. Программы и файлы для программирования Arduino nano, чертежи печатной платы в авторском и редакционном вариантах находятся по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2022/08/avtomat.zip** на нашем FTP-сервере.*

История электронных музыкальных инструментов

Часть 2. От терменвокса до чемберлина

Э. ЭЛИНС, г. Москва

Художник всецело зависит от красок, имеющихся в его мастерской, а композитор — от тембров существующих музыкальных инструментов. Выбор той или иной краски из звуковой палитры влияет не только на оркестровку, но порой и на форму зарождающейся композиции. Как писал известный советский и российский композитор и музыковед Э. В. Денисов (1929—1996), в процессе сочинения музыки происходит "собственный, индивидуальный выбор во множестве звуковых объектов и устанавливает между ними определённую систему соответствий, упорядочивая это множество и создавая форму сочинения".

В предыдущей статье (см. "Радио" № 5 за 2022 г.) мы говорили о том, что многие композиторы в начале двадцатого века ощущали острую нехватку новых звуковых красок и высказывали идеи "освобождения звука". Возможности традиционных акустических инструментов их перестали устраивать. Французский композитор Эдгар Варез писал: "Я больше не могу сочинять для старых инструментов. Мне мешает отсутствие подходящих электрических инструментов, для которых я могу писать музыку". Мы также говорили о том, что в период с 1876 г. по 1930 г. были заложены основы электронной музыки и музыкальных технологий. По сути, к концу двадцатых — началу тридцатых годов прошлого века практически все необходимые предпосылки для реализации этих идей в конкретной материальной форме уже существовали. Неудивительно, что именно в этот период начали появляться первые электронные музыкальные инструменты, некоторым из которых удалось пережить своё время и продолжать оставаться актуальными в наши дни. В **таблице** приведён краткий перечень основных изобретений электронных музыкальных инструментов и событий, связанных с ними, в XX веке.

Терменвокс и "звучащий крест"

Десятилетие после окончания первой мировой войны оказалось богатым в плане музыкальных инноваций, и первым в их череде следует упомянуть изобретение русского инженера Льва Сергеевича Термена. Его детище, терменвокс, представляет собой полностью электронное устройство, в основе работы которого лежит принцип гетеродинирования. Читателям журнала "Радио" представлять этот инструмент не требуется: принципиальные схемы устройства много раз публиковались на страницах журнала.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 8, 2022

Год	Инструмент или событие	Описание (принцип работы, оборудование)	Известные композиторы и музыканты
1920	Терменвокс	Гетеродинный монофонический ЭМИ (создание переменной звуковой частоты в ответ на движение рук музыканта в электромагнитном поле вблизи одной или нескольких антенн, которые действуют как обкладки конденсатора)	Лев Термен, Клара Рокмор, Лидия Кавина, Пётр Термен, Ж.-М. Жарр и др.
1928	Волны Мартено (электрофон)	Монофонический клавишный ЭМИ; управление электрическими колебаниями с помощью кольца с нитью-смычком, которое надевали на палец	Э. Варез, О. Мессиан и др.
1935	Орган Хаммонда (Model A)	Электромеханический (зубчатые колёса, приводимые в движение электрическим двигателем, вращаются в магнитном поле)	Многие джазовые и рок-музыканты (модели Hammond B3/C3 — Джимми Смит, Джон Лорд, Рик Уэйкман, Кен Хенсли, Кит Эмерсон)
1951	Чемберлин	Клавишный сэмпл-плейер (воспроизведение музыкальных ритмических аудиофрагментов, записанных на магнитную ленту)	см. Меллотрон
1951	RCA Synthesizer I	Программируемый модульный синтезатор	см. Columbia-Princeton Electronic Music Center
Первая половина 50-х гг.	Открытие Columbia-Princeton Electronic Music Center	Синтезатор RCA Mark II	Владимир Усачевский, Отто Люнинг, Эдгар Варез и др.
1951	Открытие студии GRM в Париже	Системы Phonogene и Morphophone на основе катушечного магнитофона (50-е гг.), микшерная консоль EMI, синтезатор Coupigny (1972), система распространения звука Acousmonium (1974)	П. Шеффер, П. Анри, Я. Ксенакис
1951	Открытие студии WDR в Кёльне	Клавишные инструменты (Monochord на основе траутониума, Melochord), четырёхканальный магнитофон, генераторы сигналов, кольцевые модуляторы, вращающийся стол с рупором, эхокамеры и другие устройства обработки звука	К. Штокхаузен, композиторы-авангардисты (Дьёрдь Лигети, Эрнст Кренек и др.)
1957	Синтезатор АНС	Фотоэлектронный оптический ЭМИ, разработан Е. Мурзиным и назван в честь композитора Александра Николаевича Скрябина	см. МЭСЭМ
1963	Меллотрон	Электромеханический клавишный сэмпл-плейер (на основе чемберлина)	Использование на BBC и др. радиостанциях для озвучки радиопередач; также использовался многими рок-музыкантами (Р. Уэйкман, Р. Фрипп, М. Пиндер из Moody Blues, К. Франке из Tangerine Dream)
1964	Moog Modular	Модульный аналоговый синтезатор, первый из числа коммерческих, его могли приобрести музыканты, а не исследовательские центры	Уэнди Карлос (альбом Switched-On Bach, 1968 г.), Кит Эмерсон и др.
1966	Открытие Московской экспериментальной студии электронной музыки (МЭСЭМ)	Синтезатор АНС	Э. Артемьев, А. Шнитке, С. Губайдулина, Э. Денисов
1969	EMS VCS 3	Переносной аналоговый одноголосный (монофонический) синтезатор	Pink Floyd, The Alan Parsons Project, Брайан Ино, Клаус Шульце, Ж.-М. Жарр и др.
1970	Minimoog	Переносной аналоговый одноголосный синтезатор	Рок-музыканты (Кит Эмерсон, Рик Уэйкман и др.), музыканты-"электронщики" (Клаус Шульце, Kraftwerk и др.)
1970	Buchla 200	Модульный аналоговый синтезатор	Сьюзан Чани, Кейтлин Аурелия Смит и др.
1970	ARP 2500	Одноголосный аналоговый модульный синтезатор	The Who, Ж.-М. Жарр, Д. Боуи, Вангелис, Kraftwerk и многие другие

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

1977	Synclavier	Цифровой синтезатор/сэмплер/рабочая станция	Лори Андерсон, Чик Кореа, Джон Маклафлин, Сьюзан Чани, Говард Шор, Фрэнк Заппа и многие другие
1978	Sequential Circuits Prophet 5	Программируемый аналоговый полифонический синтезатор	Гэри Ньюман, Kraftwerk, Питер Гэбриел, Вангелис, Ж.-М. Жарр, Рик Уэйкман, Рик Райт (Pink Floyd), Tangerine Dream и многие другие
1979	Fairlight CMI	Цифровой синтезатор (аддитивный синтез) с функциями сэмплирования, графического редактирования звука и секвенсирования	Херби Хэнкок, Ханс Циммер, Питер Гэбриел, Джефф Даунс (группа Yes) и многие другие
1981	Yamaha GS1	Цифровой синтезатор, работающий на основе FM-синтеза; начало успешной линейки FM-синтезаторов, из которых модель Yamaha DX7 (1983 г.) стала наиболее популярной	FM-синтезаторы Yamaha (DX7 и другие) широко использовались в электронной и популярной музыке 80-х и 90-х гг. Список музыкантов бесконечен
1982	Разработан стандарт MIDI	Протокол обмена данными между музыкальным оборудованием (звуковыми модулями, ритм-машинами, секвенсерами, синтезаторами, компьютерными программами)	Повсеместно используется в студиях и на концертах
1989	Steinberg Cubase	Компьютерная рабочая станция (первоначально только программный MIDI-секвенсер, работавший на Atari ST)	Последующие версии, начиная с середины 90-х г., повсеместно используются в профессиональных и домашних студиях звукозаписи
1994	Otari RADAR	24-канальная цифровая система записи аудио на жёсткий диск, разработанная iZ Technology Corporation; начало эпохи нелинейного монтажа звука	Начало перехода профессиональных, а затем и домашних студий на работу с цифровым многоканальным звуком

Терменвокс с момента своего изобретения пользовался и продолжает пользоваться популярностью у музыкантов во всём мире. Этот инструмент требует от исполнителя хорошего слуха и исключительно точной координации движений. Играть в воздухе, извлекая руками звук из электромагнитного поля, создаваемого двумя антеннами, — сложная задача, и потому многие известные терменвоксисты пользуются славой виртуозов.

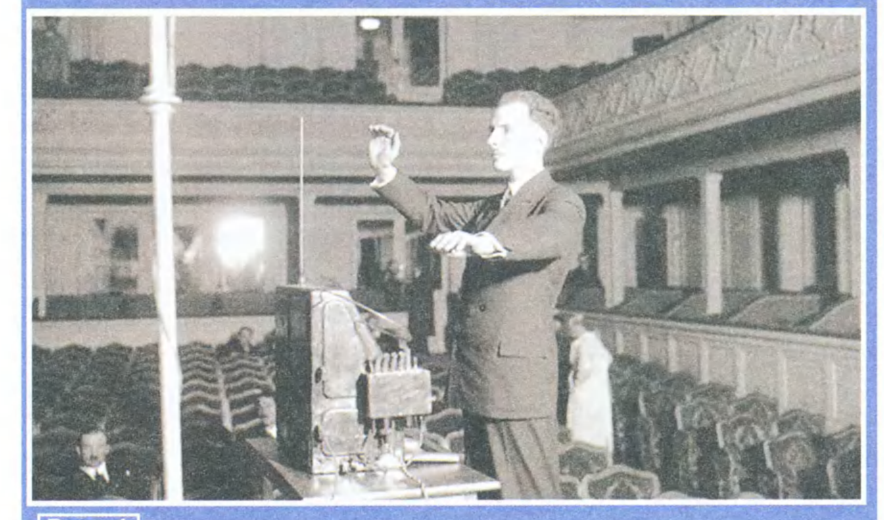


Рис. 1

Изобретение терменвокса привело к появлению других музыкальных инструментов, основанных на том же принципе. Лев Термен активно промоутировал своё детище, выступая с концертами и лекциями в США и Западной Европе, в результате чего другие конструкторы имели возможность оценить музыкальный потенциал принципа гетеродинирования и создать собственные конструкции. На **рис. 1** запечатлён фрагмент выступления Льва Термена в Париже в 1927 г. В число разработчиков, посетивших выступления Термена, могли входить Николай Обухов, создатель "звучащего креста", и Морис Мартено, изобретатель "волн Мартено".

Николай Обухов, русский и французский композитор, теоретик музыки, изобретатель музыкальных инструментов, с детства играл на скрипке и фортепиано. После революции он жил и работал в Париже. Обухов разделял идеи Александра Скрябина о музыке как о духовной силе, способной приблизить человека к пониманию высших ценностей, открыл двенадцатитоновую технику композиции раньше, чем это сделал Арнольд Шёнберг, разработал особый способ нотной записи, экспериментировал с ритмами и вокальной техникой. Обухов предложил дополнить традиционный оркестр новыми инструментами — "звучащим крестом" (разновидность терменвокса), "кристаллом" (молоточковый инструмент типа фортепиано, в котором звукоизвлечение происходит путём ударов по хрустальным сферам) и "эфиром" (инструмент с электронным управлением, в конструкции которого используется большое вращающееся колесо с лопастями, создающее инфра- и ультразвуковые частоты).

Электронный инструмент "звучащий крест" (La Croix Sonore) был сконструирован в 1929 г. в Париже Мишелем Бийодо (Michel Billaudot) и Пьером Дювалье (Pierre Duvalier) в соответствии с указаниями Обухова. Генераторы были

встроены в латунную сферу диаметром 44 см, антенны выполнены в виде большого креста со звездой в центре. Принцип игры — тот же, что и в случае с терменвоксом: перемещение руки в области звезды влияло на высоту тона звучащей звуковой волны. Внешний вид инструмента соответствовал мировоззрению изобретателя, который всерьёз увлекался мистикой и философией, писал "мистериальную" музыку, разделял идеи русского космизма. На **рис. 2** показана современная копия "звучащего креста" Николая Обухова, находящаяся в парижском музее оперы.

Обухов сочинял музыкальные произведения для "звучащего креста" и продолжал улучшать его конструкцию. В 1934 г. появилась на свет новая версия инструмента. После смерти Обухова единственный сохранившийся экземпляр "звучащего креста" пришёл в негодность и до начала 1980-х годов хранился в Библиотеке-музее Оперы в Париже, затем исчез и считался безвозвратно утерянным. Современная копия "звучащего креста" демонстрируется в наши дни в парижском Музее музыки (Musée de la Musique).

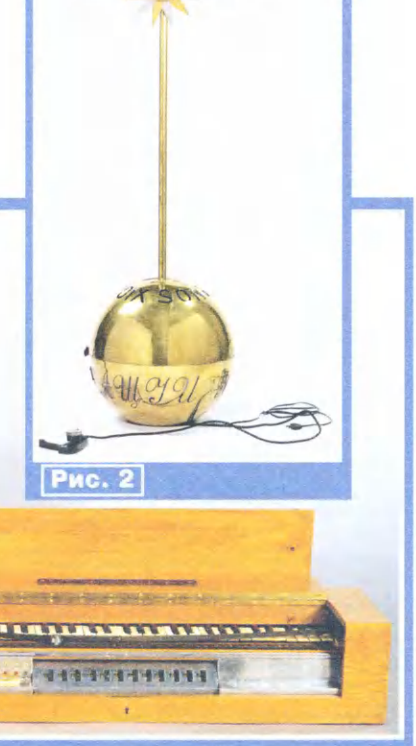


Рис. 2

Рис. 3

Волны Мартено

Инструмент, известный как волны Мартено (**рис. 3**), носит имя своего изобретателя Мориса Мартено, виолончелиста по образованию и радиоинженера. Во время Первой мировой войны Морис Мартено был радистом и так же, как Лев Термен, обнаружил принцип гетеродинирования и решил исследовать его потенциал для применения в музыке.

В 1928 г. Мартено представил на суд слушателей и конструкторов своё изобретение, которое выглядело как фортепианная клавиатура с проволокой, натянутой по всей её длине. На конце проволоки было закреплено небольшое кольцо, которое исполнитель надевал на палец правой руки. Перемещая кольцо вправо или влево вдоль клавиатуры, музыкант повышал или понижал высоту тона. Это был новаторский способ управления высотой звука, но дело только им не ограничивалось. Существовал второй элемент управления, который позволял артикулировать ноты левой рукой. В сочетании с кольцом это позволяло одновременно влиять как на высоту звука, так и на его амплитуду, создавая звук, похожий на человеческий голос, виолончель или скрипку.

Отдельно следует рассказать о системе звукоусиления волн Мартено. Она состояла из трёх элементов, которые носили названия "принципал" (Principal), "резонансный диффузор" (также был известен как Palme) и "металлик" (Metallique). Первый представлял собой простой громкоговоритель. Корпус второго имел форму листа или язычка пламени и являлся резонансной камерой с двенадцатью настроенными струнами. Именно этот элемент стал наиболее узнаваемой частью волн Мартено. Струны резонировали в соответствии с нотами, которые играл музыкант, создавая тем самым сложные тона и напоминая звучание восточных струнных инструментов. Третий элемент системы звукоусиления "металлик" — динамическая головка, диффузор которой заменён металлической пластиной, по форме напоминающей гонг. Этот элемент окрашивал звук инструмента, придавая ему характерный металлический тембр.

Волны Мартено на момент своего появления в 1928 г. произвели фурор и заинтересовали многих композиторов и музыкантов. Морис Мартено в течение следующих лет занимался дальнейшей разработкой и создал несколько различных вариантов конструкции, в том числе инструмент с возможностью создания естественного вибрато путём покачивания клавиш из стороны в сторону. Надо отметить, что эта возможность была настолько новаторской, что даже несколько десятилетий спустя, в середине семидесятых годов, когда в популярной музыке уже вовсю властвовали клавишные синтезаторы, она отсутствовала в большинстве моделей, и только фирма Yamaha реализовала её в аналоговом полифоническом органе GX1. Морис Мартено также разработал уменьшенную версию своего инструмента, которая называлась Ondioline. Провод с кольцом, с помощью которого регулировалась высота звука, применялся во всех моделях волн Мартено.

Звук волн Мартено был похож на звук терменвокса, однако этот инструмент был гораздо проще в освоении, прежде всего потому, что во время игры на нём можно было видеть, какую ноту извлекаешь, — гриф был размечен на полутоновые интервалы с помощью фортепианной клавиатуры, и исполнитель помещал кольцо напротив соответствующей клавиши. Многие серьёзные композиторы того времени начали сочинять музыку для волн Мартено, среди них Морис Равель, Пьер Булез и Оливье Мессиан. Кстати, Николай Обухов, изобретатель "звучащего креста", также писал произведения для волн Мартено, а Мессиан сочинил пьесу Fête Des Belles Eaux, в которой имелись партии для шести этих инструментов.

Орган Хаммонда

В первой половине тридцатых годов Лоренс Хаммонд из чикагской фирмы The Hammond Clock Company заинтересовался инструментом "телармониум", изобретённым в самом конце девятнадцатого века американцем Тадеушем Кэхиллом. Телармониум или динамофон был первым электромеханическим музыкальным инструментом и, по замыслу его создателя, предназначался для передачи музыки по телефонной линии. Это было громоздкое сооружение, имевшее сложную конструкцию, и дело не пошло далее создания нескольких экспериментальных образцов. Лоренса Хаммонда заинтересовала в телармониуме оригинальность идеи, на основе которой происходило создание звука: полторы сотни специальных динамо-машин генерировали электрический сигнал, который воспроизводился с помощью рупорных громкоговорителей.

Лоренс Хаммонд, имея непосредственное отношение к производству часов, обратил внимание, что форма зубцов шестерёнки, используемой в часовом механизме, напоминает форму простейшей звуковой волны — синусоиды. Так родилась идея использовать вращающиеся в магнитном поле зубча-

тые колеса для генерации звука. На основе этой идеи Хаммонд создал достаточно портативный орган, который планировал предложить использовать для музыкального сопровождения церковных служб в американских воинских частях.

Первая модель электрооргана называлась Model A. Производство патронировалось Генри Фордом. В число первых владельцев входили известные люди, в том числе сам Генри Форд, а также президент США Франклин Рузвельт, американский композитор и пианист Джордж Гершвин. Вслед за Model A были разработаны и отправлены в серийное производство модели B, B3, C3 и многие другие, из них B3 и C3 спустя несколько десятилетий стали основными инструментами многих джазовых и рок-органистов, в том числе Джона Лорда из Deep Purple, Кита Эмерсона из ELP, Кена Хенсли из Uriah Heep и др.

Общий элемент конструкции электроорганов Hammond — электрический двигатель (**рис. 4**), приводящий в движение валы с зубчатыми колёсами диаметром около 30 мм (в моделях C3 и B3 используются 96 таких валов). В зависимости от числа зубцов и скорости вращения создаются тоны шкалы равномерно темперированного строя.

Электроорганы Хаммонда являются двухмануальными, т. е. имеют две клавиатуры ("мануалы") по 61 клавише в каждом. В нижней части корпуса инструмента, под ногами у исполнителя, расположены 25 педалей (в концертных моделях их 32). Переключатели регистров маркированы в соответствии с длинами органных труб и выполнены в виде выдвижных регуляторов, с помощью которых тембр звука можно варьировать путём изменения уровня гармоник и субгармоник (**рис. 5**). Выведение самого крайнего слева переключателя на максимальную длину в церковном органе даёт низкий звук, соответствующий самой длинной трубе; в органе Хаммонда такое же действие генерирует низкочастотную синусоиду. Это решение впоследствии использовалось во всех основных моделях электроорганов — не только Hammond, но и многих других, разработанных и выпускавшихся в разных странах мира.

Комбинация положений переключателей регистров может быть любой, а следовательно, каждый органист на своём "хаммонде" создаёт уникальный звук и может модифицировать его в соответствии с характером того или иного музыкального произведения. Подбор регистров для конкретного музыкального произведения, или регистровка, даже в классической музыке отдаётся композитором на усмотрение исполнителя. В творчестве рок-музыкантов семидесятых годов регистровка стала очень важным элементом исполнения: многие известные клавишники меняют её по ходу концерта, создавая уникальные тембры, от чистых до "роковых", "рычащих".

В конструкции органа Хаммонда применялось ещё несколько решений, в числе которых следует упомянуть "хаммонд-перкуссию" и вращающийся громкоговоритель Лесли (Leslie). "Перкуссия" представляет собой процесс изменения атаки звука путём добавления второй или третьей гармоники, что создаёт характерное "звякание" при игре стаккато (т. е. при игре отрывисто, отделяя звуки один от другого паузами).

Колонка Лесли создаёт "вращающийся звук", также известный как "лесли-эффект". Это устройство, состоящее из усилителя и динамической головки с двунаправленным рупором, исторически не входило в комплект электрооргана Хаммонда. Благодаря вращению системы рупоров происходит модуляция, и звук органа обогащается. Музыкант управляет колонкой Лесли с помощью внешнего переключателя или педали, меняя скорость вращения от медленной ("хорал") к быстрой ("тремоло"). Кстати, сам Лоренс Хаммонд относился к лесли-эффекту крайне негативно, считая, что он портит звук его инструмента; однако ни современные слушатели, ни современные рок-музыканты с ним не согласятся.

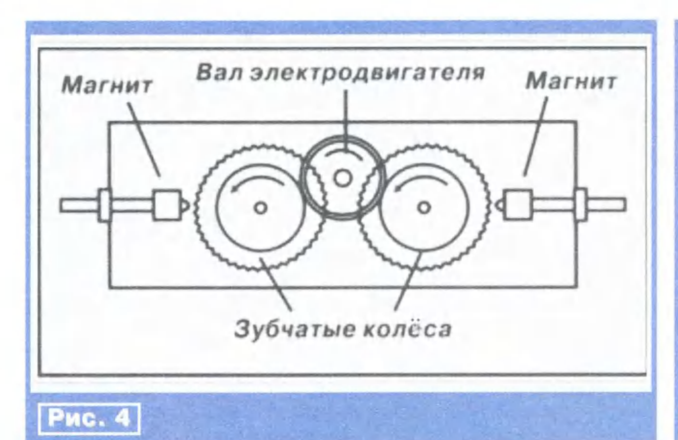


Рис. 4


Рис. 5

Чемберлин

После окончания Второй мировой войны инженеры и технические специалисты из стран-победителей получили доступ к немецким разработкам, в том числе к технике звукозаписи, которая многократно превосходила возможности фонографа. Речь идёт о записи на магнитную ленту. Трофейные магнитофоны и другая техника вывозились из Германии в Великобританию и США, исследовались, улучшались, использовались в студиях и стали основой западной звукозаписывающей индустрии.

В истории электронных музыкальных инструментов магнитофон сыграл роль, которую трудно переоценить: композиторы, получив в своё распоряжение устройство, позволяющее записывать звук на носитель, который можно свободно резать на фрагменты, склеивать их в любой последовательности и воспроизводить результаты этих манипуляций, в течение ближайших нескольких лет совместными усилиями создали новый жанр и окрестили его "электронной музыкой". Электронной она была в том смысле, что создавалась с помощью электронного устройства, т. е. магнитофона. Ещё четверть века спустя, в середине семидесятых годов, жанр электронной музыки обретёт, наконец, тот вид, что знаком современному слушателю: музыкальное произведение станет основываться на звучании синтезаторов, а не смонтированной ленты. Но прежде чем это произойдёт, электронной музыке предстоит пережить долгий "лабораторный", экспериментальный период, в течение которого будут заложены все основные методы обработки и монтажа звука, создан арсенал современных ЭМИ, и эти методы и инструменты станут основой музыкальной композиции, сформируют современную звуковую картину мира.

Экспериментальный период электронной музыки — тема для отдельной статьи. Здесь же хочется рассказать об одном музыкальном инструменте, основанном на использовании технологии звукозаписи. Этот инструмент называется чемберлин (ещё один тезка своего конструктора, как и терменвокс, волны Мартено и орган Хаммонда). Чемберлин стал прообразом такого современного устройства, как сэмплер. Вот его история.

В конце 40-х годов американец Гарри Чемберлин изобрёл музыкальный инструмент, который не синтезировал, а воспроизводил звуки, записанные на магнитной ленте. Идея заключалась в том, чтобы поместить под каждую клавишу миниатюрное воспроизводящее

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

устройство. Нажатие на клавишу запускает воспроизведение звука точно так же, как это делается с помощью кнопки Play на магнитофоне.

Первая модель, Model 100 Rhythmate, выпущенная в 1948 г., представляла собой прообраз устройства, которое два десятилетия спустя стали называть ритм-машиной: на четвертьдюймовых лентах были записаны фрагменты партий ударных инструментов, по одному треку на каждой, и эти фрагменты были закольцованы.

Следующая модель, Model 200, позволяла играть звуками флейты, гобоя, вибрафона, струнных и прочих инструментов. Это была первая модель чемберлина, в которой использовались звуковые банки (прообраз будущих синтезаторных пресетов или фабричных предустановок). Model 200 выпускалась серийно с 1951 г. по 1959 г. В следующих модификациях чемберлина использовалась лента шириной 3/8 дюйма, на которую можно было записать одновременно три дорожки.

Особое место занимает модель чемберлина под названием Model 600 Music Master, в конструкции которой использовались два 35-клавишных мануала, что давало возможность музыканту правой рукой играть звуками различных сольных инструментов (флейты, скрипки и т. п.), а левой рукой исполнять аккомпанемент, используя записанные на лентах комбинированные ритмы (босанова, ча-ча-ча и т. д.) и звуковые эффекты. Именно эта концепция будет через несколько лет воплощена в первом меллотроне — Mellotron Mark I, которому суждено будет стать одним из легендарных инструментов рок-музыки второй половины шестидесятых — начала семидесятых годов.

ОБМЕН ОПЫТОМ

Источник бесперебойного питания 5 В/750 мА

А. КОРНЕВ, г. Одесса, Украина

В статье предложен источник бесперебойного питания (ИБП). Принцип его работы предельно прост: в штатном режиме нагрузка питается от сетевого блока питания с выходным напряжением 5 В, а при исчезновении сетевого напряжения прибор переключается в режим работы от аккумулятора.

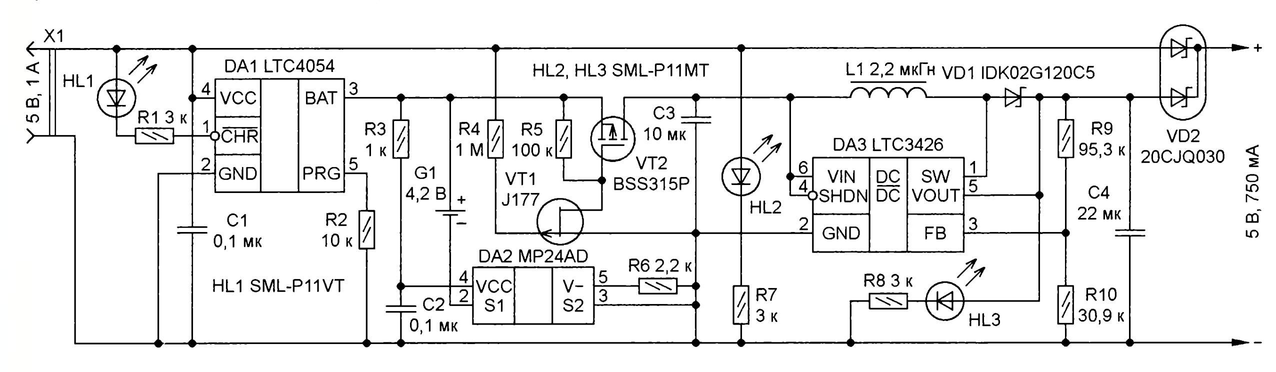
Схема ИБП изображена на **рисунке**. Для переключения режима работы ИБП от сети или от аккумулятора применён электронный переключатель на транзисторах VT1 и VT2. Особенность переключателя — использование p-канального полевого транзистора с p-n-переходом VT1. Такой транзистор при нулевом напряжении на затворе открыт. Это означает, транзистор VT1 будет проводить ток через канал без подачи напряжения на вывод затвора. Чтобы закрыть p-канальный полевой транзистор, нужно на затвор подать положительное напряжение 4...6 В относительно истока. Вот почему полевые транзисторы с p-n-переходом называют нормально включёнными. Следовательно, при отсутствии напряжения сети и соответственно напряжения на выходе внешнего блока питания, подключённого к разъёму X1, полевой транзистор VT1 будет открыт и MOSFET VT2 — тоже. В этом случае питание будет обеспечивать литий-ионный резервный аккумулятор G1. Напряжение аккумулятора повышает DC/DC-преобразователь DA3 до 5 В. При появлении напряжения сети транзистор VT1 закроется и соответственно закроется транзистор VT2. ИБП перейдёт в штатный режим работы.

Для поддержания аккумулятора в заряженном состоянии используется контроллер DA1 (LTC4054) — зарядное устройство для литий-ионных аккумуляторов [1]. Это широко распространённая микросхема с максимальным током зарядки до 800 мА при напряжении питания от 4,3 В до 6 В. Микросхема имеет защиту от замыкания на выходе и защиту от перегрева — снижение зарядного тока при температуре больше 120 °С, а также автоматически отключается процесс зарядки, когда аккумулятор полностью заряжен. Микросхема LTC4054 имеет множество аналогов, в том числе и отечественный — УР1101ЕТ54. Самый дешёвый — это китайский аналог BL4054. Ток зарядки задают резистором, подключённым между выводом PRG (вывод 5) и общим проводом, его рассчитывают по формуле I = 1000/R, где I — зарядный ток в амперах, R — сопротивление резистора в омах. В нашем случае ток зарядки равен 100 мА. При зарядном токе больше или равном 300 мА микросхема начинает заметно нагреваться.

Микросхема DA2 (MP24AD) защищает аккумулятор от перезарядки, переразрядки, превышения разрядного тока, превышения тока зарядки и других аномальных явлений путём выключения внутренних n-канальных полевых транзисторов с изолированным затвором, подключённых к общему проводу питания. Защита в микросхеме построена на основе четырёх детекторов напряжения, детектора короткого замыкания, источников образцового напряжения, генератора, счётчика и логических узлов [2].

Светодиод HL1 служит для индикации процесса зарядки аккумулятора, когда аккумулятор полностью заряжен, он гаснет. Светодиоды HL2, HL3 применяются для индикации режима работы ИБП от сети или от аккумулятора.

ИБП не требует налаживания. Все резисторы и конденсаторы производства фирмы Murata — для поверхностного монтажа. Конденсаторы — керамические. Резисторы R9, R10 должны иметь допуск по сопротивлению не более 1 % из ряда E192. Остальные резисторы — с допуском ±5 %. Дроссель L1 — CDRH4D28NP-2R2 (Sumida) или аналогичный. Транзисторы VT1 и VT2 можно заменить отечественными КП103Ж и КП507А соответственно.



ЛИТЕРАТУРА

1. LTC4054-4.2/LTC4054X-4.2 Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in ThinSOT. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/760/DOC000760847.pdf** (07.05.22).

2. MP24AD — Battery Protect Solution IC. — URL: **http://www.itm-ic.com/h-pd-31.html** (07.05.22).

Крымские радиоконструкторы

Леонид ПУЗАНКОВ (R7KA), г. Симферополь, Крым

Описывая достижения первых радиолюбителей Крыма и активистов радиолюбительского движения, необходимо отметить и важную его составляющую — радиоконструирование.

В принятом международном Регламенте радиосвязи дано чёткое определение радиолюбительского движения: Любительская служба — служба радиосвязи для целей самообучения, переговорной связи и технических исследований, осуществляемая любителями, т. е. лицами, имеющими на это должное разрешение и занимающимися радиотехникой исключительно из личного интереса и без извлечения материальной выгоды.

Практически сразу после изобретения радио активисты и энтузиасты стали заниматься созданием различных радиоконструкций. Сообщения об их успехах появились в различных радиолюбительских журналах.

Президент Академии наук СССР академик Вавилов С. И. характеризовал радиолюбительское движение следующими словами: "Ни в одной области человеческих знаний не было такой массовой общественно-технической самодеятельности, охватывающей людей самых различных возрастов и профессий, как в радиотехнике. Радиолюбительство — это могучее движение, которое привело к участию в радиоэкспериментах тысячи энтузиастов, посвящающих свой досуг технике..." [1].

В нашей стране стали организовываться радиокружки и появились энтузиасты радиотехники. Так, 4 ноября 1922 г. в Петрограде по инициативе учёных-профессоров Фреймана И. Г. (1890—1929) и Петровского А. А. (1873—1942) был создан радиолюбительский кружок при Обществе мироведения. Радиокружки организовывались в различных городах нашей Родины.

В Крыму в двадцатых годах также появилось много энтузиастов, увлекающихся радиотехникой. Так как для радиосвязи и экспериментов готовых заводских конструкций не существовало, активисты стали изготавливать радиодетали и самостоятельно создавать различные конструкции. Первыми конструкторами аппаратуры в 1927 г. были радионаблюдатели-коротковолновики из Симферополя. Среди них — Мурский Л. Е. (RK-82), собравший регенеративный приёмник 0-V-2. В 1928 г. он переехал в Москву, где построил радиопередатчик и получил позывной 26RB (**фото 1**).

Фото 1

Среди первых радиолюбителей-коротковолновиков в Крыму, получивших разрешение на эксплуатацию самостоятельно построенной передающей радиостанции, был также симферополец Прокопенко А. С. (1901—1993). В 1928 г. он собрал приёмник, получил наблюдательский позывной RK-324 и в том же году сконструировал радиопередатчик, получив свой первый позывной коротковолновика 33RB [2]. Передатчик Прокопенко мощностью 14 Вт был сделан по двухтактной схеме на двух радиолампах УЕ15.

Из довоенных радиолюбителей-конструкторов Крыма можно выделить ещё одного удивительного человека — Самборского Валентина Дионисовича (1924—2022) из г. Феодосии. Путь в радио Валентин начинал с увлечения радиотехникой и сборкой простых радиоприёмников прямого усиления. Не ограничившись созданием радиоприёмников, молодой радиолюбитель задумывает построить радиопередатчик. С этой целью в начале 1941 г. он пишет письмо в редакцию журнала "Радиофронт" (Москва) с просьбой помочь ему в создании радиопередатчика. В марте 1941 г. Валентин Самборский получил ответ из Центральной консультации при редакции журнала за подписью Казанского Н. В. с разъяснением порядка оформления разрешения на постройку радиопередатчика. Буквально за несколько дней до начала войны он получает из ЦС ОСОАВИАХИМа СССР и РСФСР удостоверение коротковолновика-наблюдателя с позывным URS-5-7/KP. Отечественная война прервала мирное увлечение радиолюбительством.

Приобретённый опыт в радиолюбительстве помог ему качественно выполнять боевые задачи в период военной службы на фронтах Великой Отечественной войны [3].

По возвращении в Феодосию после войны Валентин продолжает заниматься радио и получает разрешение на постройку радиопередатчика. В 1947 г. передатчик был готов. За Самборским В. Д. закрепляется позывной UA6SF. О конструкции его передатчика, использовавшего передовые достижения того времени, было сообщение в журнале "Радио" № 10 за 1949 г. Передатчик Самборского после 1955 г. длительное время эксплуатировался на коллективной радиостанции Крымского радиоклуба.

В пятидесятилетний юбилей изобретения радио нашим соотечественником Поповым А. С., 7 мая 1945 г., было опубликовано специальное Постановление Совета Министров СССР, в котором сказано о ...важнейшей роли радио, о необходимости популяризации достижений отечественной науки и техники, о необходимости поощрения радиолюбительства среди широких слоёв населения . В связи с этим Постановлением 7 мая стало Днём радио. Были также учреждены "Золотая медаль им. А. С. Попова" и знак "Почётный радист СССР". Среди задач, стоящих перед радиолюбителями, были дела общегосударственного значения — создание радиоконструкций для народного хозяйства, радиофикация и телефонизация страны, участие в широкомасштабных научных экспериментах и решение специфических проблем, касающихся развития радиоспорта и популяризации его среди населения. С учётом проблем с радиофикацией сельских районов Крыма во многих радиокружках школьники собирали детекторные приёмники. В такой акции в радиокружке при Доме пионеров в Симферополе принимал участие и автор этих строк. Навыки в конструировании помогли в жизни собирать различные более сложные радиоустройства, в том числе и приёмопередатчики для КВ и УКВ.


Фото 2


Фото 3

7 мая 1946 г. приказом председателя Крымского облсовета ОСОАВИАХИМа был создан областной радиоклуб, объединивший на первом этапе 167 энтузиастов радио. Характерно, что в конструкторской секции было 65 человек (руководитель секции — Божко Ф. Г.), а в секции коротковолновиков — 28.

Исходя из принципов радиолюбительства, практически все крымские радиолюбители этих секций занимались радиоконструированием, создавая новые конструкции и совершенствуя имевшиеся. Именно за конструкторскую деятельность крымские радиолюбители Божко Ф. Г. и Мызников М. В. были награждены знаками "Почётный радист СССР".

Здесь следует выделить наиболее активных радиолюбителей-конструкторов Крыма:

— Мызников М. В. (1918—1986) (UB5SI) много лет работал инженером в лаборатории Крымэнерго. Как радиоконструктор, он постоянно создавал различные приборы, совершенствовал свою радиостанцию, внедряя в аппаратуру новшества;

— Шевченко В. П. (UB5TP) — инструктор радиоклуба, постоянно работал над созданием аппаратуры для КВ и УКВ (**фото 2**);

— Мартынчук Н. А. (1921—1996) (RB5AGO) работал главным инженером Крымского радиоцентра, позднее перешёл на научную работу в Крымскую астрофизическую обсерваторию (пос. Научный). Увлекался работой на УКВ, создавая УКВ-приёмники, конвертеры, передатчики;

— Осмоловский Р. В. (1927—2017) (UB5JO), работая учителем физики в средней школе № 3 г. Симферополя, организовал радиокружок, вовлёк в радиолюбительство многих школьников, которые смонтировали радиоузел в

школе, разрабатывали различные приборы, используя их на уроках физики. Релен Викторович сам создавал различные конструкции приёмников и передатчиков для любительской радиосвязи. За свои разработки он награждён дипломами высших степеней Всесоюзных радиовыставок и ВДНХ;

— Василенко А. А. (1920—2007), старший инженер-инструктор радиоклуба, постоянно работал над созданием различной измерительной радиоаппаратуры. В последние годы Андрей Андреевич участвовал в разработке приборов для Крымского мединститута (**фото 3**);



Фото 4

— Норштейн Б. С. (1935—1997) (UB5SN) работал в областном телеателье, позднее мастером производственного обучения в радиоклубе. Организовал во Дворце пионеров телестудию, создавал аппаратуру для радиосвязи на УКВ и др.

В конце 50-х годов в радиоспорте нашей страны появилось увлечение новым видом соревнований — "охотой на лис" (современное название — спортивная радиопеленгация — СРП). Большое число коротковолновиков и ультракоротковолновиков Крыма стало подключаться к этому виду радиоспорта: Мызников М. В. (UB5SI), Шевченко В. П. (UB5TP), Рыженко А. В. (RB5AGV), Пачин Э. И. (RB5AHM), Гресь В. С. (UB5JJ), Разумов В. И. (UT5LA) и другие. Для участия в соревнованиях необходимо было срочно создавать специфические радиоприёмники и антенны на диапазоны 80 метров и 2 метра для "охоты на лис", к чему и приступили наши спортсмены. Создав необходимую аппаратуру, Рыженко Анатолий Васильевич (**фото 4**) добился выдающихся результатов — стал чемпионом Украины. Здесь также уместно выделить талантливого конструктора аппаратуры для "охоты на лис" Бирюкова Николая Викторовича, который, будучи ещё студентом Севастопольского приборостроительного института, создал уникальные радиоприёмники и автоматизированные передатчики для "охоты на лис". Следует отметить, что крымские "охотники" с его приёмниками добиваются и сейчас высоких спортивных результатов на соревнованиях.

Об отношении членов радиоклуба к радиоконструированию может ярко свидетельствовать важное событие в жизни клуба. Известие о том, что крымских радиоспортсменов приглашают на международные соревнования на УКВ, было принято в Симферополе с восторгом. Такое предложение поступило многим радиоклубам Украины. Предстояло соревноваться с радиоспортсменами Венгерской Народной Республики, Центральный радиоклуб которой выступил с инициативой. При этом участники соревнований должны были находиться в пределах своих государственных границ. Для размещения команд были выбраны Карпаты.

Получив информацию за месяц до планируемого в мае 1959 г. мероприятия, областные радиоклубы приступили к подготовке. За короткий срок предстояло изготовить каждому участнику приёмопередающую аппаратуру и антенны на диапазоны 144 МГц и 425 МГц. Такой аппаратуры для работы в полевых условиях не было у многих спортсменов, даже у ультракоротковолновиков Крыма. На соревнования должны были выехать спортсмены-активисты в основном из г. Симферополя. Потенциальные кандидаты на поездку приступили к изготовлению аппаратуры или приспособлению уже имеющейся к работе в полевых условиях. Налаживание аппаратуры производилось в помещениях Крымского областного радиоклуба на ул. Севастопольской, д. 6. Для этого прямо в вестибюле были установлены столы, на которых разместили все имеющиеся в клубе радиоизмерительные приборы. Так как многие спортсмены днём работали на предприятиях города, помещения клуба были открыты в течение суток и не закрывались даже на ночь. Для конструкций иногда использовались блоки от списанных морских радиолокационных устройств "Факел". В выходном каскаде передатчиков чаще всего применяли лампу ГУ-29. Времени, как обычно бывает в таких случаях, для окончательной отладки техники не хватило. Часть аппаратуры решили подстроить на месте.

По прибытии в г. Мукачево до соревнований в выделенном временном помещении удалось подстроить аппаратуру, после чего выехали в горы, поставили палатки, установили мачты с антеннами и подключили аппаратуру. В назначенное время вышли в эфир, и соревнование началось. По его итогам команда Украины вышла победителем.

В соответствии с задачами, стоящими перед радиолюбителями, фундаментом массового радиолюбительского движения в нашей стране стали радиоконструирование и радиоспорт. Радиоконструкторская деятельность увлечённых радио оценивалась на организуемых выставках творчества радиолюбителей. Как правило, вначале проводились выставки, организуемые местными организациями и комитетами оборонного общества, затем были выставки городского, областного, республиканского и всесоюзного масштаба.

7 мая 1925 г. в Ленинградском электротехническом институте открылась радиовыставка, на которой впервые один из разделов был посвящён радиолюбительской аппаратуре. В июне того же года в Москве, в залах Политехнического музея, открылась первая Всесоюзная радиовыставка, на которой был также отдел радиолюбительства. Среди экспонатов демонстрировался и передатчик Фёдора Лбова (R1FL).

23 мая 1927 г. в Политехническом музее открылась Московская межсоюзная губернская радиовыставка, на которой было представлено свыше 300 экспонатов, изготовленных радиолюбителями тринадцати профсоюзных организаций [4].

На первой Всесоюзной конференции коротковолновиков, состоявшейся в декабре 1928 г., демонстрировались радиолюбительские конструкции некоторых участников. Этот пример способствовал началу массового проведения радиолюбительских выставок в различных городах Советского Союза: Баку, Витебске, Воронеже, Ереване, Киеве, Ленинграде, Минске, Свердловске, Ташкенте, Тбилиси, Туле, Харькове и др.

Редакция журнала "Радиофронт" (предшественник журнала "Радио") в 1935 г. стала проводить заочные радиолюбительские выставки, ставшие

традиционными. В выставках принимали участие многие радиолюбители союзных республик.

В 1937 г. была проведена 3-я Всесоюзная радиовыставка, на которую были представлены 12 экспонатов аппаратуры на УКВ (из 43 экспонатов по совместному разделу КВ и УКВ).

После Великой Отечественной войны Всесоюзная заочная радиовыставка (ВЗР) конструкций и приборов радиолюбителей состоялась в 1947 г. На радиовыставку поступило около 400 описаний экспонатов со всех регионов СССР. Как правило, выставки приурочивались к Дню радио, т. е. к 7 мая. Если в 1948 г. было получено около 600 экспонатов, то к концу марта 1949 г. на восьмую ВЗР их пришло уже около 1000.

Сбор описаний на выставку обеспечивали в основном радиоклубы, для чего на местах проводилась большая организационная и практическая работа. Тематика работ, представленных радиолюбителями на 8-ю Всесоюзную радиовыставку, отличалась огромным разнообразием, от детекторных радиоприёмников, в которых остро нуждались сельские районы страны, до сложнейших разработок широковещательных радиоприёмников и телевизоров на батарейных и сетевых радиолампах. Здесь были представлены также радиоизмерительная аппаратура, коротковолновые любительские радиостанции, звукозаписывающая аппаратура, радиолы, приборы для различных отраслей промышленности, наглядные пособия для подготовки специалистов в области радиотехники. Несколько расширилось число экспонатов для УКВ-диапазона, который ещё не очень активно использовался в тот период. Крымский радиоклуб также принял участие в радиовыставке. Из Симферополя в Москву были направлены материалы на некоторые экспонаты, в том числе на магнитофон МБФ-2-48 , разработчиком которого был Божко Ф. Г.

Отобранные на местных выставках лучшие экспонаты отправлялись на Всесоюзные выставки, организуемые Центральным радиоклубом СССР совместно с Выставкой достижений народного хозяйства (ВДНХ), журналом "Радио" и ЦК ДОСААФ.

На 9-й Всесоюзной радиовыставке ряд крымских радиолюбителей-конструкторов также были отмечены дипломами второй степени. Среди них были Цветков В. С., представивший на выставку радиолу, Панасенко Г. А. представил передатчик коротковолновика, Абраменко А. Н. — авометр, Божко Ф. Г. — радиокомпаратор, Пылев В. К. — генератор стандартных сигналов и измеритель ёмкостей и сопротивлений, Шарапов К. А. — генератор спектра частот, Тронов Н. В. — ветроэлектродвигатель.

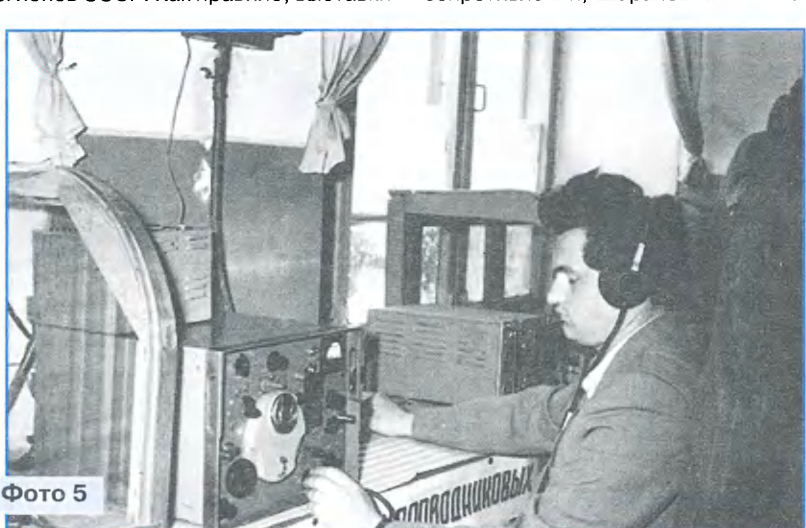


Фото 5

К юбилейной 10-й Всесоюзной выставке радиолюбительского творчества, проводившейся в 1952 г., члены Крымского радиоклуба ДОСААФ стали активно готовиться заранее. Активист клуба, Михаил Мызников конструировал звукозаписывающий аппарат. Над созданием супергетеродинного приёмника 1-го класса с автоматической настройкой работал симферопольский радиолюбитель Константин Цырда. Валентин Пылев начал изготовление универсального измерительного прибора. Андрей Андреевич Василенко (инженер радиоклуба) работал над созданием генератора стандартных сигналов. Конструкции современных радиоприёмников готовили Владимир Цветков, Михаил Раков и другие. Активно готовились к предстоящей радиовыставке и юные радиолюбители Крымской области. Из представленных экспонатов был отмечен 10-ламповый супергетеродин с двойным преобразованием частоты члена Крымского областного радиоклуба Георгия Панасенко (UA6SC). Жюри выставки отметило аккуратное и красивое внешнее оформление приёмника. За свою конструкцию Панасенко Г. А. был отмечен дипломом второй степени. Инструктор радиоклуба Черкасов Юлий Евгеньевич (1935—2007) изготовил на нувисторах конвертер для работы в УКВ-диапазоне 2 метра. По результатам областной радиовыставки его конструкция была также направлена на Всесоюзную радиовыставку. Экспонат был высоко оценен и занял первое место. Вообще Юлий Черкасов всегда занимался конструкторской деятельностью. Готовясь к очным Чемпионатам СССР на УКВ, он всегда создавал новые конструкции, которые привели его к званию чемпиона СССР. Как правило, за свою уникальную аппаратуру, используемую на соревнованиях, он также неоднократно поощрялся редакцией журнала Радио .

50 лет назад (в 1972 г.) ЦК ДОСААФ утвердил Положение о единой Всесоюзной технической классификации радиолюбителей-конструкторов ДОСААФ СССР (ЕВТК). Стало присваиваться звание "Мастер-радиоконструктор ДОСААФ СССР" за занятое первое место по одному из разделов радиовыставки (на первых порах только на Всесоюзных выставках творчества радиолюбителей-конструкторов). Среди первых крымчан это почётное звание получили Михаил Мызников (UB5SI), Юлий Черкасов, Анатолий Рыженко (RB5AGV), Василий Бекетов (UB5JIN), Игорь Ершов (UB5JMZ) и другие. На республиканских и других выставках присваивались звания "Радиолюбитель-конструктор ДОСААФ СССР" (3-го, 2-го и 1-го разрядов) и "Юный радиолюбитель-конструктор ДОСААФ СССР".

Следует отметить очень важную работу по подготовке экспонатов на радиовыставки. Чаще всего эту работу проводили штатные работники радиоклуба на этапе принятия экспонатов на областную радиовыставку. Проверку конструкций на работоспособность и на соответствие декларируемых параметров чаще всего осуществлял член жюри Юлий Черкасов (**фото 5**). Многим участникам радиовыставок помогали выполнять очень важную для радиолюбителя-конструктора работу — составление описаний экспонатов штатными инженерами-инструкторами радиоклуба Василенко А. А., а позже — Шапиро О. Г. (UT5LF).

Изложенные выше материалы свидетельствуют об активной творческой работе практически всех радиолюбителей Крыма, и радиоконструкторов, и радиоспортсменов. В последние годы благодаря технической революции в радиоэлектронике и компьютерным технологиям необходимость в активном участии радиолюбителей в радиоконструировании значительно сократилась.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Пузанков Л.** История радиолюбительского движения и радиоспорта в Крыму. — Симферополь. Изд-во "Форма", 2010, 200 с.

2. **Пузанков Л.** Прокопенко А. С. — первый радиолюбитель в Крыму. — Радио, 2018, № 11, с. 50, 51.

3. **Пузанков Л.** Самборский Валентин Дионисович — человек-легенда. — Радио, 2018, № 2, с. 47—49.

4. **Члиянц Г.** Юбилейные и круглые даты в истории нашего хобби (2022 год). — Радио, 2022, № 1, с. 45—48.

Индикатор УФ-индекса ...и не только

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Одним из параметров окружающей среды является показатель, характеризующий уровень ультрафиолетового излучения (УФ-излучения) в спектре солнечного света — УФ-индекс (англ. UV Index). В прогнозе погоды часто сообщают о его значении или уровне, обычно это бывает в летние месяцы, что позволяет оценить опасность УФИ для человека, прежде всего для кожи и глаз [1]:

0...2 — низкий;
3...5 — умеренный;
6...7 — высокий;
8...10 — очень высокий;
11 и более — экстремальный.

Из всего УФИ Солнца до поверхности Земли почти свободно проходит длинноволновое излучение — УФ-А (длина волны 315...400 нм).

Профессиональные измерители УФИ стоят очень дорого, поэтому об их применении в быту речи нет. Но для измерения УФИ можно использовать некоторые специализированные УФ-фотодиоды, например GUVA-S12SD [2], предназначенные именно для этой цели. Описание конструкции измерителя на этом фотодиоде была опубликовано в [3]. Однако в настоящее время в Интернете можно приобрести готовые модули, которые позиционируются как измерители УФИ.

Однако такое устройство всё же неправильно называть измерителем, поскольку оно формально не сертифицировано, но для использования в быту оно будет полезным. Кроме измерения УФИ солнечного излучения, с его помощью можно оценить эффективность солнцезащитных очков, работоспособность и мощность излучения УФ-диодов.

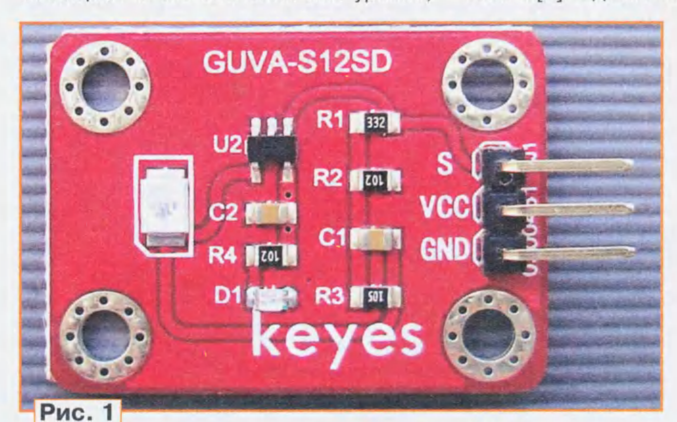


Рис. 1

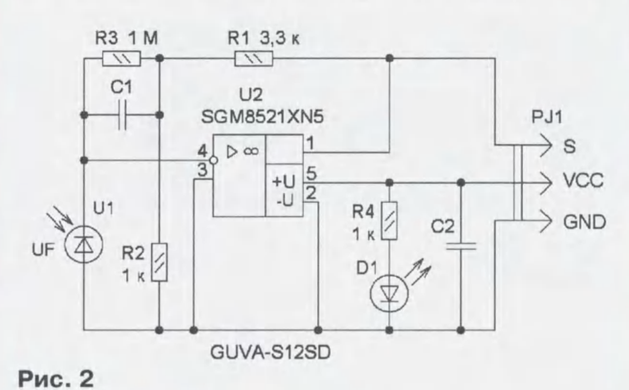


Рис. 2

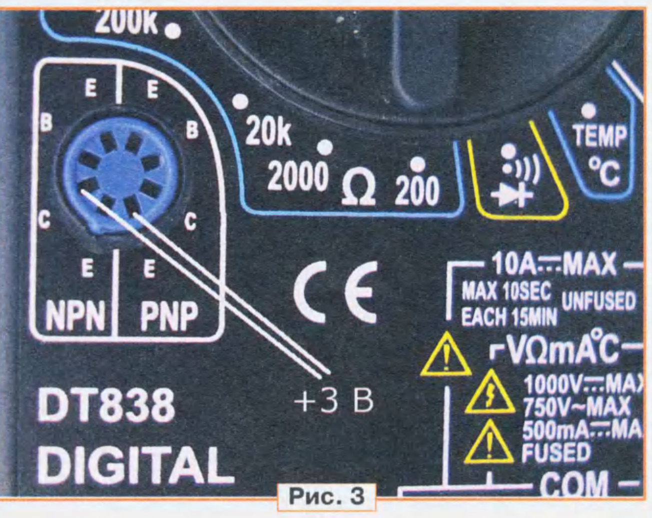


Рис. 3

Обычно название модуля соответствует наименованию основного электронного элемента в этом модуле. Так обстоит дело и с модулем GUVA-S12SD, основой которого является упомянутый выше УФ-фотодиод. Есть несколько таких модулей с разной комплектацией. В этой конструкции применён модуль [4], показан-

ный на **рис. 1**. Схема модуля, составленная на основе платы, показана на **рис. 2**, обозначения элементов приведены в соответствии с маркировкой на ней.

Напряжение питания модуля — 3,3...5,5 В, потребляемый ток при напряжении 5 В — около 4 мА, причём большая его часть приходится на индикаторный светодиод. Выходным сигналом модуля является напряжение, производитель обещает, что оно пропорционально УФИ. Поэтому, разделив выходное напряжение (в милливольтах) на 100, получим численное значение УФИ. Для этого модуля требуется вольтметр, чтобы превратить его в измеритель УФИ. В этом случае наиболее рационально использовать такой модуль как приставку к цифровому мультиметру. При использовании мультиметров серий DT83x, M83x питать такой модуль можно от самого мультиметра. Возможность такого питания часто используют радиолюбители для различных приставок. Для этого надо снять напряжение +3 В (по отношению к общему проводу) с гнезда коллектора для проверки транзисторов структуры n-p-n или гнезда эмиттера транзисторов p-n-p (гнездо C NPN или E PNP на **рис. 3**).

метра DT-838 вполне достаточно для питания УФ-модуля вместе с этим светодиодом. Но желательно снизить энергопотребление. Для этого резистор R4 на плате модуля надо заменить другим с сопротивлением в несколько раз больше. Яркость свечения светодиода при этом, конечно, упадёт, но будет достаточной для индикации наличия напряжения питания.

Модуль надо подключить к мультиметру в соответствии со схемой, приведённой на **рис. 4**. Для такого подключения можно использовать три гибких провода, которые припаивают с одной стороны к трёхконтактной вилке XS1 (серии PBS), а с другой — к вилкам ШП-4 (XP1, XP3) и отрезку лужёного провода диаметром 0,8 мм (XP2).

XS1
S 1 — XP1 "VΩmA"
VDD 2 — XP2 "C N-P-N"
GND 3 — XP3 "COM"
К мультиметру

Рис. 4

Но более удобным будет подключение к мультиметру с помощью переходной платы, поскольку это будет единая



Рис. 7

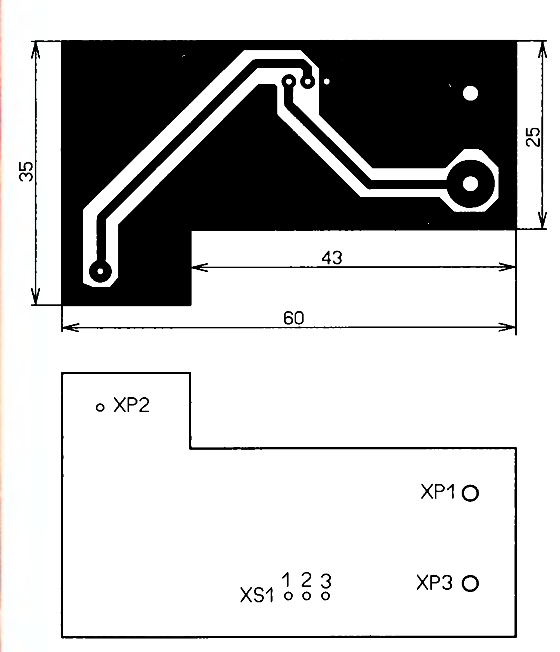


Рис. 5

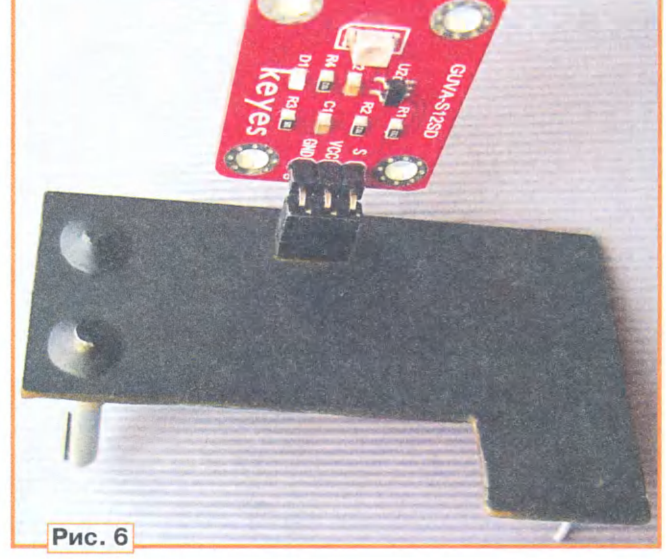


Рис. 6

В применённом модуле GUVA-S12SD использован ОУ SGM8521XN5, который относится к категории rail-to-rail с минимальным однополярным напряжением питания 2,1 В. Поэтому этот модуль будет нормально работать при напряжении питания 3 В, при этом потребляемый ток (со светодиодом) — 1,7 мА. Мощности источника питания мульти-

конструкция, которую можно держать в одной руке. Чертёж платы для установки на мультиметр DT838 показан на **рис. 5**, она изготовлена из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Модуль GUVA-S12SD лучше сделать съёмным. Для этого на переходную плату надо установить гнездо серии PBS (XS1), два штыря ШП-4 (XP1, XP3) и отрезок лужёного провода диаметром 0,8 мм (XP2). Штырь XP2 должен выступать над платой на высоту 12...15 мм. Все штыри припаивают на плату и убеждаются, что она правильно размещается на мультиметре. После этого надо зафиксировать штыри с помощью эпоксидного клея, причём для штырей XP1 и XP3 это надо сделать с двух сторон. Когда эпоксидный клей затвердеет, устанавливают гнездо XS1, и при желании плату можно покрасить, при этом надо защитить гнездо и штыри от краски. Внешний вид платы с установленным модулем показан на **рис. 6**.

После подключения модуля к переходной плате и подключения платы к мультиметру (**рис. 7**) его переводят в режим измерения напряжения на пределе 2000 мВ (2000m). Светодиод на плате модуля должен включиться. Фотодиод модуля надо закрыть непрозрачным материалом, при этом показания мультиметра должны быть 1...2 мВ


Рис. 8

(но не более нескольких милливольт). Это будет нулевой уровень индикатора.

Выйдя на освещённое Солнцем место, направляют индикатор так, чтобы солнечные лучи падали перпендикулярно поверхности модуля, и небольшим перемещением индикатора добиваются максимальных показаний мультиметра. Разделив их на 100, можно получить значение УФИ. После этого можно проверить, как поглощают УФ-излучение различные прозрачные предметы. При этом периодически надо проверять УФИ без этих предметов, поскольку он постоянно меняется. Так можно проверить и солнцезащитные очки. Добившись максимума показаний, фотодиод закрывают очками, которые надо располагать вплотную к нему, и снимают показания. Такие измерения могут быть интересными.

Но как определить, действительно ли солнцезащитные очки защищают от УФ-излучения и насколько хорошо это делают, если прямого солнечного света нет и пока не предвидится? В этом случае потребуется изготовить собственный источник УФ-излучения, в качестве которого можно применить специализированный излучающий диод УФ-диапазона. Такой диод можно приобрести в Интернете. Для этого случая был использован излучающий диод (**рис. 8**), у которого максимум излучения (по заверениям продавца) расположен на длине волны 365 нм [5], а максимальная рассеиваемая мощность — 3 Вт. В видимом спектре он светит неярко бело-голубым цветом. Но не следует направлять его в глаза, поскольку излучаемая мощность в УФ-диапазоне может быть существенной.

Питать излучающий диод можно через токоограничивающий резистор от источника напряжением 5 В, например, от блока питания или Power Bank, снабжённых USB-гнездом. Схема подключения излучающего диода показана на **рис. 9**. Чтобы было удобно пользоваться таким источником УФ-излучения, диод вместе с резистором надо поместить в корпус, например от фломастера. Для подключения к источнику питания использована USB-вилка с кабелем от компьютерной мыши. Подходящим вариантом для корпуса оказалась

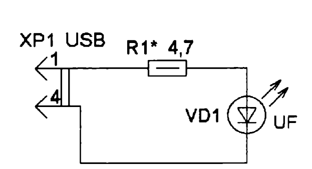


Рис. 9


Рис. 10

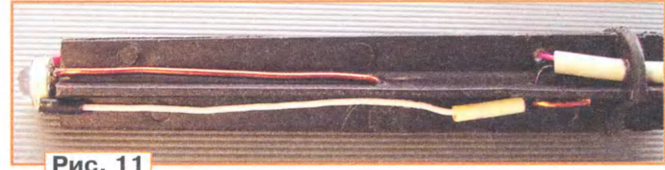

Рис. 11


Рис. 12

пластмассовая стойка-трубка со штырём с крестообразным профилем (**рис. 10**) от газонного светильника. Штырь с небольшим усилием вставляется внутрь трубки, и на нём можно закрепить излучающий диод. Острый конец штыря надо обрезать так, чтобы диод был на несколько миллиметров утоплен в трубке. Это ограничит область, облучаемую диодом.

Для крепления диода на штыре и одновременно для теплоотвода использована медная проволока диаметром 1,2...1,5 мм. Берут отрезок проволоки длиной 12...14 мм и сгибают его пополам в виде буквы "П" так, чтобы верхняя часть этой буквы была бы длиной 4...5 мм. Эту часть залуживают и припаивают перпендикулярно к металлическому основанию диода. При этом желательно паять быстро и использовать легкоплавкий припой, чтобы не повредить диод.

Затем диод размещают на обрезанном конце штыря, а концы проволоки вставляют в заранее просверленные отверстия в штыре и потом загибают. После этого через отверстие в штыре вставляют кабель питания, припаивают резистор R1 и светодиод (**рис. 11**). Предварительно надо подобрать резистор R1 (см. рис. 9), чтобы установить требуемый ток через диод. С учётом падения напряжения на кабеле питания при R1 = 4,7 Ом ток через диод был 200 мА. Внешний вид готового источника УФ-излучения показан на **рис. 12**. На расстоянии 10 мм между излучающим диодом и фотодиодом модуля GUVA-S12SD УФИ был равен 11.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ультрафиолетовый индекс. — URL: **https://www.gismeteo.ru/page/uv-index/** (11.06.22).

2. GUVA-S12SD. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/839/DOC003839241.pdf** (11.06.22).

3. **Корнев А.** Измеритель УФ-индекса. — Радио, 2017, № 5, с. 36.

4. УФ-датчик 240...370 nm GUVA-S12SD. — URL: **https://aliexpress.ru/item/1005003199151231.html?sku_id=12000024624764754&spm=a2g0o** (11.06.22).

5. УФ-светодиод. — URL: **https://aliexpress.ru/item/1005002232232352.html?sku_id=12000019446439370&spm=a2g0o.search.0.0.2d5c36450sh8Qa** (11.06.22).

__От редакции__. Чертёж печатной платы имеется по адресу __ftp://ftp.radio.ru/pub/2022/08/uv.zip__ на нашем FTP-сервере.

Простые светодиодные USB-светильники

И. ПОДУШКИН, г. Москва

В статье предложены простые светодиодные светильники — фонари-приставки к внешнему аккумулятору (Power Bank) и светильник для подсвечивания клавиатуры ноутбука, которые подключают к USB-разъёму.

Сегодня USB-разъём де-факто стал основным для подключения не только компьютерной, но и любой цифровой техники, а также разнообразных зарядных устройств и внешних аккумуляторов (Power Bank). На контакты этого разъёма выведено напряжение 5 В для питания внешних устройств. Принимая во внимание этот факт, можно изготовить простые светодиодные светильники с питанием таким напряжением.

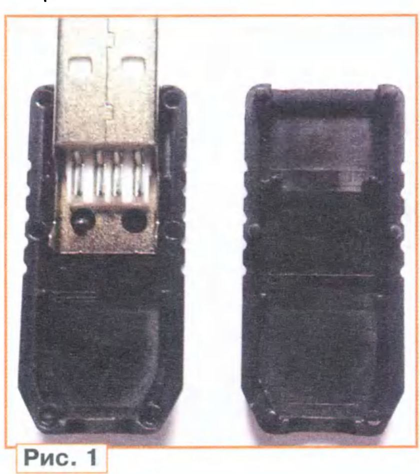
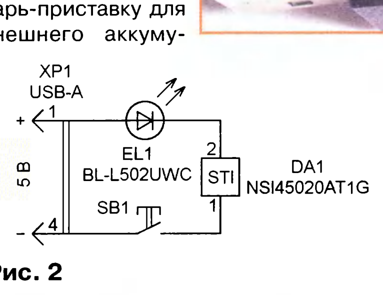


Рис. 1

Светодиод — полупроводниковый элемент, имеющий нелинейную вольт-амперную характеристику, близкую к экспоненциальной. Малое изменение напряжения на нём вызывает существенное изменение тока. Поэтому для нормальной работы необходимо стабилизировать ток светодиода. В технической документации указывают номинальный, а также предельный ток светодиода. Все основные параметры (сила света, падение напряжения) указывают при протекании номинального тока. Естественно, для долговременной безотказной работы ток через светодиод не должен превышать предельного значения, а лучше — должен соответствовать номинальному току.

В связи с распространением светодиодов, в том числе осветительных, многие фирмы-производители начали выпускать специализированные микросхемы, так называемые драйверы светодиодов, которые представляют собой стабилизаторы тока. Одна из таких микросхем — NSI45020AT1G фирмы On semiconductor в двухвыводном корпусе SOD-123 для поверхностного монтажа.

Используя эту микросхему, можно легко собрать фонарь-приставку для внешнего аккумулятора. Поскольку внешние аккумуляторы имеют ёмкость несколько ампер-часов, светодиодный фонарь с таким аккумулятором будет светить очень долго. Основа фонаря — разъём USB-A в пластмассовом кожухе для монтажа на кабель (**рис. 1**). Схема фонаря получилась предельно простой (**рис. 2**). Устройство собрано на плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1 мм. Чертёж печатной платы показан на **рис. 3**, а расположение деталей — на **рис. 4**. Плата изготовлена методом вырезания токоведущих дорожек. В фонаре применена тактовая кнопка для поверхностного монтажа KLS7-TS6604-7.0-180-T. Светодиод припаян выводами непосредственно к токоведущим дорожкам. Фотография варианта собранной платы представлена на **рис. 5**, собранное устройство — на **рис. 6**, а устройство, подключённое к внешнему аккумулятору, в действии — на **рис. 7**.



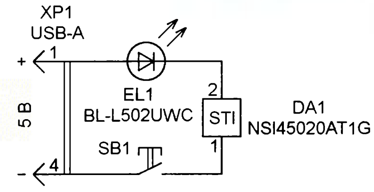


Рис. 2

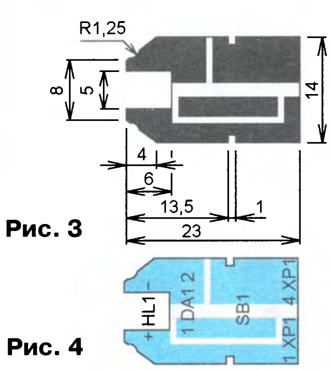


Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6



Рис. 7

Номинальный ток применённого светодиода BL-L502UWC [1] — 20 мА, максимальный — 30 мА. Номинальный ток стабилизации микросхемы NSI45020AT1G — 20 мА ±10 % [2]. Измеренный ток через светодиод при питании от внешнего аккумулятора — 18,7 мА.

Как было отмечено выше, этот фонарь-приставка собран в пластмассовом кожухе разъёма USB-A. Однако такой кожух недостаточно распространён. Можно изготовить фонарь-приставку в более распространённом, "стандартном" кожухе (**рис. 8**). Схема устройства остаётся прежней (см. рис. 2). Единст-

венное отличие — вместо светодиода белого свечения в корпусе диаметром 5 мм (BL-L502UWC) применён светодиод белого свечения диаметром 3 мм — FYL-3014UWC1A [3].

Фонарь собран на плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1 мм. Чертёж печатной платы показан на **рис. 9**, а расположение деталей в масштабе 2:1 — на **рис. 10**. Плата изготовлена методом вырезания токоведущих дорожек. Вывод анода светодиода, предварительно надев на него изолирующую трубку, например, пластиковую изоляцию от монтажного провода, припаивают непосредственно к контакту 1 разъёма XP1. Хвостовик пластикового кожуха рассверливают сверлом диаметром 3 мм на всю длину, а затем — сверлом диаметром 4 мм с внутренней стороны на глубину 5...7 мм так, чтобы линза светодиода выступала из хвостовика на 1...1,5 мм. Фотография собранной платы показана на **рис. 11**, собранное устройство — на **рис. 12**, а устройство, подключённое к внешнему аккумулятору, — на **рис. 13**.

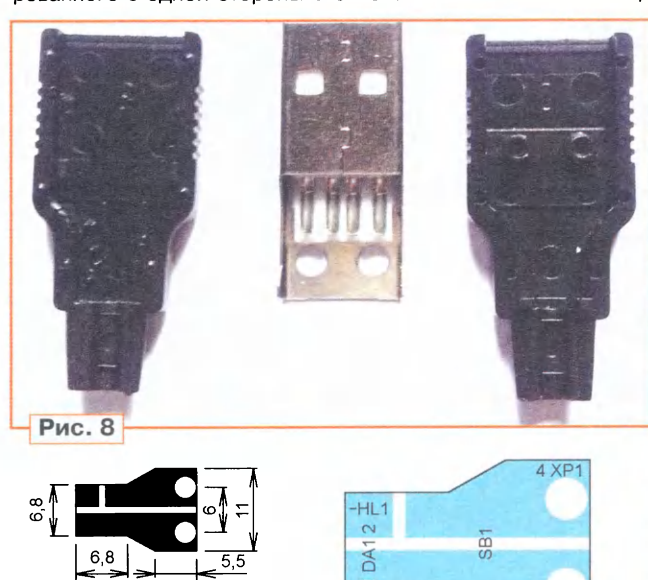


Рис. 8

Рис. 11

Рис. 9

Рис. 10

Во время работы за компьютером, особенно за ноутбуком, часто возникает необходимость в дополнительном освещении клавиатуры. Приходится в вечернее время включать дополнительное внешнее освещение. Даже самая энергосберегающая лампа потребляет мощность не менее нескольких ватт. Светодиодный светильник с питанием от USB-разъёма ноутбука с учётом КПД блока питания и преобразователя потребляет мощность в пределах 100...150 мВт. Выигрыш в потребляемой мощности очевиден, правда, при этом освещённость, конечно, будет немного меньше.

Для освещения клавиатуры желательно использовать светодиод белого свечения с диаметром корпуса 10 мм, например BL-L101UWC [4]. Для стабилизации тока светодиода можно применить микросхему, указанную выше — NSI45020AT1G. Однако многие производители рекомендуют ограничивать ток через светодиоды с диаметром корпуса 10 мм на уровне 16...17 мА. Видимо, это связано с плохой теплопроводностью материала корпуса светодиода, с возможным перегревом кристалла и, как следствие, с его ускоренной деградацией и быстрым выходом из строя.



Рис. 12

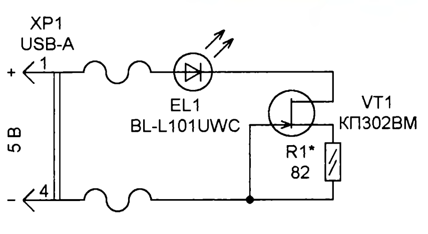


Рис. 14

Чтобы стабилизировать ток светодиода, можно применить полевой транзистор с p-n переходом [5]. Схема светильника показана на **рис. 14**. Не все полевые транзисторы подойдут для использования в таком светильнике. Необходимое условие — начальный ток стока должен превышать требуемое значение, в нашем случае 16 мА. Подойдут n-канальные полевые транзисторы КП302Б—КП302Г. Сопротивление резистора R1 можно рассчитать по формуле

$$R1 = U_0(1 - \sqrt{I/I_н})/I,$$

где U_0 — напряжение отсечки, I — требуемый ток, $I_н$ — начальный ток стока. Поскольку и напряжение отсечки, и начальный ток стока имеют значительный разброс, в вышеприведённую формулу можно подставить средние справочные значения и рассчитать сопротивление резистора. Но можно на место резистора поставить подстроечный или переменный резистор и, перемещая движок, добиться необходимого тока. Затем, измерив сопротивление подстроечного или переменного резистора, устанавливают постоянный резистор ближайшего большего сопротивления.

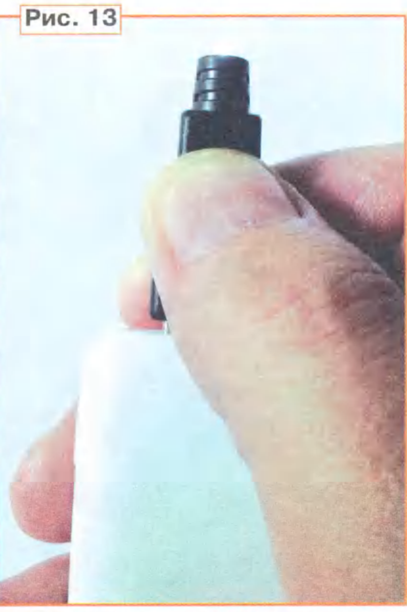


Рис. 13

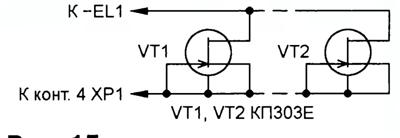


Рис. 15

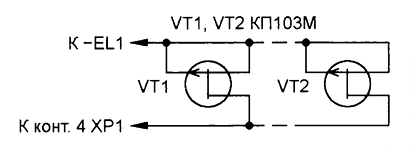


Рис. 16

А как быть, если в наличии нет полевых транзисторов с требуемым боль-

шим начальным током стока? В этом случае можно применить полевые транзисторы с p-n переходом с меньшим начальным током стока n-канальные (**рис. 15**) или p-канальные (**рис. 16**). Желательно подбирать транзисторы с начальным током стока, близким к требуемому: n-канальные — КП303Е или КП303Г или p-канальные — КП103М. Их придётся использовать, минимум, два и включить параллельно. Возможно, удастся подобрать экземпляр КП303Е, у которого окажется необходимый или близкий к необходимому начальный ток стока. Тогда можно обойтись одним транзистором. В авторском варианте были применены два p-канальных транзистора КП103М без подборки по начальному току стока. Ток светодиода оказался около 12 мА.

Светильник собран в футляре от игрушки. Светодиод и транзисторы размещены на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита толщиной 1 мм. Чертёж печатной платы и расположение элементов при использовании двух p-канальных полевых транзисторов показаны на **рис. 17**. Аналогичные платы были разработаны для двух n-канальных транзисторов (**рис. 18**) и для n-канального транзистора с резистором (**рис. 19**). Резистор монтируют перпендикулярно плате. Провода от разъёма припаивают непосредственно к печатным проводникам. Будьте внимательны, не перепутайте полярность подключения! Провод от контакта 1 разъёма XP1 должен быть припаян к проводнику, к которому припаян вывод анода светодиода, а провод от контакта 4 разъёма XP1 — к печатному проводнику, с которым соединены выводы стоков p-канальных транзисторов или выводы затворов (или затвора) n-канальных (n-канального) транзисторов. Фотография собранной платы с двумя p-канальными транзисторами показана на **рис. 20**, собранное устройство — на **рис. 21**, а устройство, подключённое к ноутбуку, в действии — на **рис. 22**.

Рис. 17

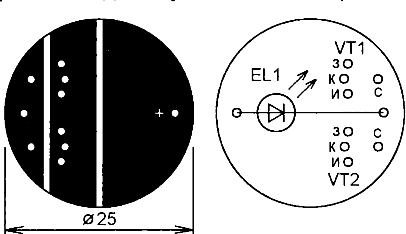


Рис. 18

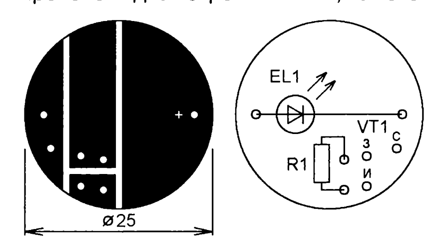


Рис. 19

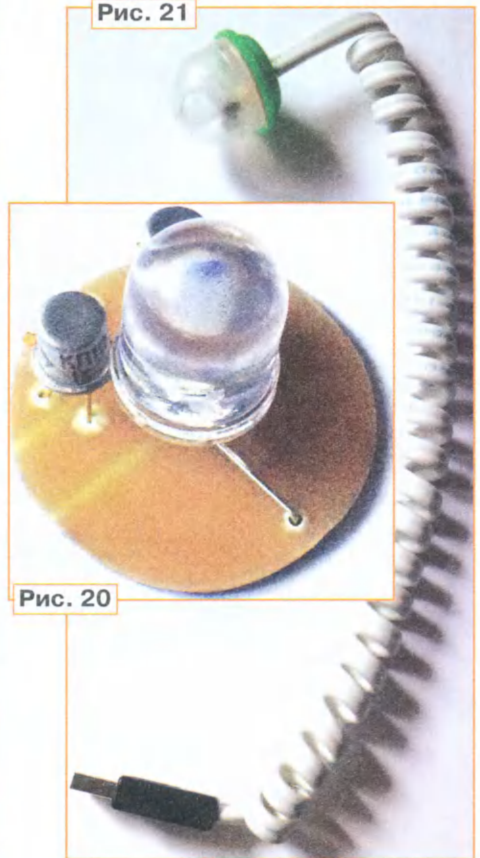


Рис. 21

Рис. 20

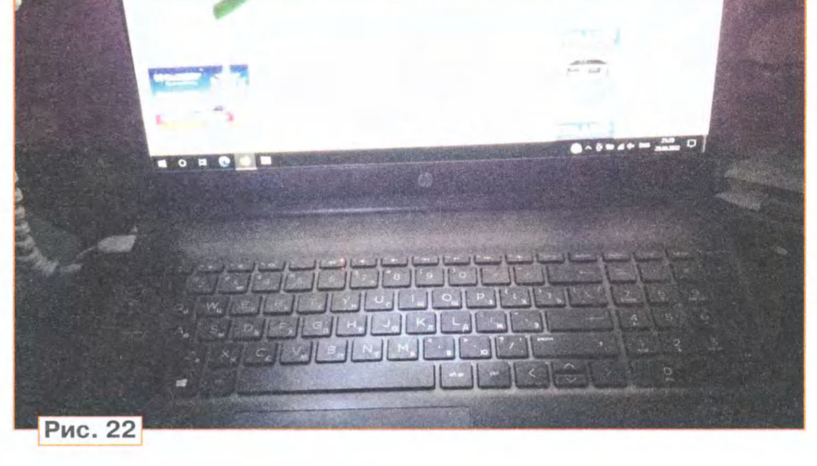


Рис. 22

Немного о соединительных проводах. В авторском варианте применён двухжильный медный провод для сетевой электропроводки сечением 2×1,5 мм^2. Отрезок длиной 1 м навивают на оправку диаметром 8...10 мм. В авторском варианте в качестве оправки использован карандаш. Опытная эксплуатация показала, что жёсткость получившейся "пружины" недостаточна. Во время работы на ноутбуке нажатия на клавиши вызывают небольшие колебания светильника. Можно использовать сетевой провод большего сечения или использовать отрезок стальной проволоки диаметром 1...2 мм, на который навивают два монтажных провода, желательно с различного цвета изоляцией.

Следует обратить внимание, что транзисторы упомянутых серий могут выпускаться в различных корпусах, например в пластмассовом TO92 (КП303х1, КП303х1, КП302х1) или в корпусе для поверхностного монтажа SOT23 (КП303х9). Как правило, транзисторы в пластмассовых корпусах дешевле транзисторов в металлических корпусах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Round Type LED lamp BL-L502. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/247/DOC000247620.pdf** (30.06.22).

2. NSI45020AT1G Constant Current Regulator & LED Driver. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/872/DOC011872432.pdf** (30.06.22).

3. LED LAMP. FYL-3014UWC1A. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/251/DOC000251152.pdf** (30.06.22).

4. Round Type LED lamp BL-L101. — URL: **https://static.chipdip.ru/lib/346/DOC004346178.pdf** (30.06.22).

5. **Титце У., Шенк К.** Полупроводниковая схемотехника. — М.: Мир, 1983, с. 62.

"Рисуем" на ЖК-мониторе с помощью Arduino

Д. МАМИЧЕВ, пос. Шаталово Смоленской обл.

В настоящее время из-за постоянного улучшения качества и возможности выбора компьютерных ЖК-мониторов многие из них становятся ненужными, будучи при этом полностью исправными. Автору стала интересна тема использования мониторов с VGA-интерфейсом совместно с платами семейства Arduino. С теорией и экспериментами по созданию генерации цветного видео можно ознакомиться в работе Ника Гэммона, изучив публикацию [1]. Следующим практическим шагом является публикация библиотеки Сандро Маффиодо [2], поддерживающей буфер кадра размерами 120×60 пикселей в четырёх цветах. Роберто Мелзи разработал первую игру, использующую эту библиотеку. Позднее он разработал целый комплект игр на одной приставке [3].

В статье речь пойдёт о разработке приставки, позволяющей рисовать на экране монитора с помощью нескольких кнопок. Игрушка может быть полезна школьникам младших классов как средство досуга. Физический размер пикселя и разрешение экрана в "рисовалке" позволяют создавать простые изображения ребёнку в течение 5...15 мин, не утомляя зрение и не снижая внимание. **Рис. 1** поясняет принцип работы "рисовалки", схема устройства показана на **рис. 2**. Управление процессом рисования осуществляется с помощью пяти кнопок SB1—SB5. Для согласования уровней напряжений платы Arduino Uno с монитором используются резисторы R1—R4. Питать приставку можно от источника постоянного тока напряжением 3,7...5 В с выходным током не менее 100 мА. Для соединения приставки с монитором используется разъём типа D-Sub 15. Нумерация и расположение его контактов показаны на **рис. 3**. Элементы устройства, конечно, кроме монитора, можно разместить в пластмассовом или деревянном прямоугольном футляре подходящих размеров.

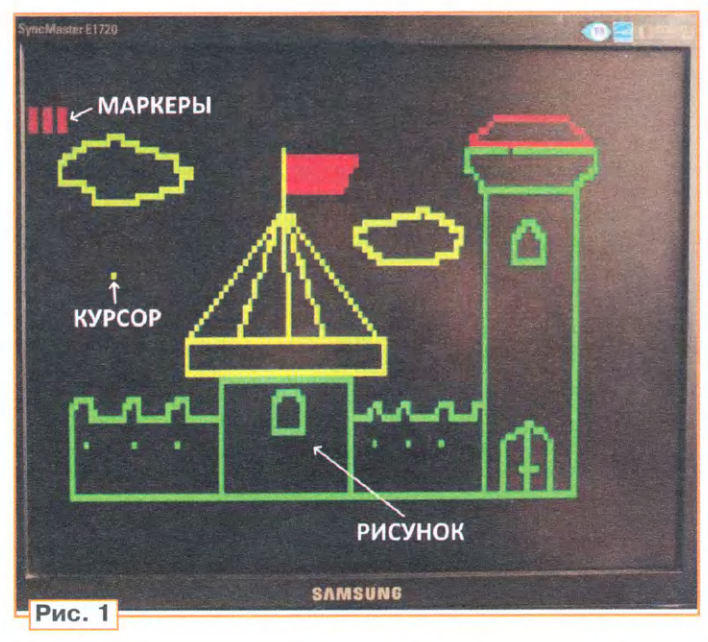


Рис. 1

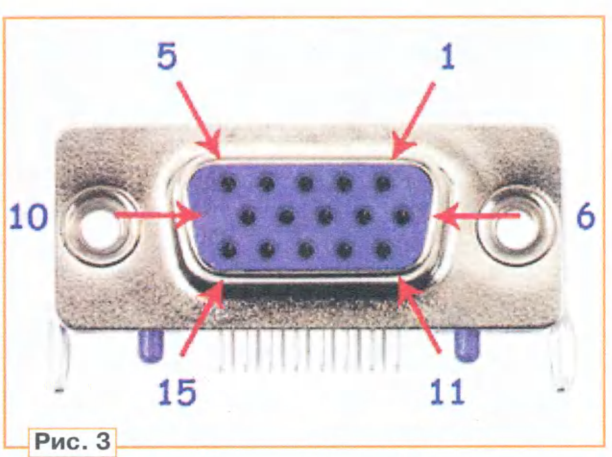


Рис. 3

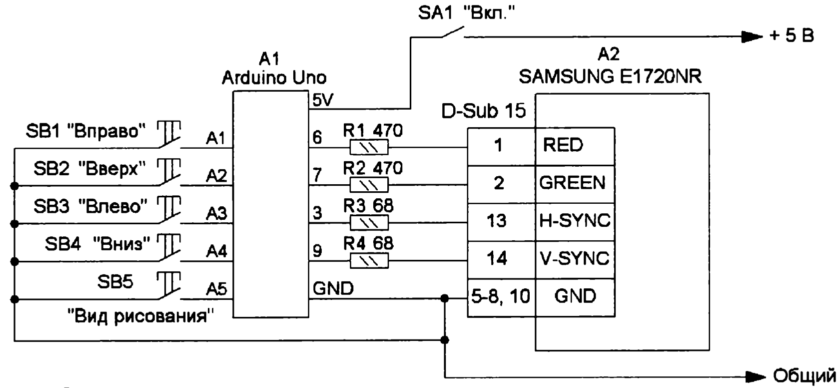


Рис. 2

Удобное для управления расположение кнопок и систему навигации поясняют рис. 1 и **рис. 4**. В левом верхнем углу зоны рисования расположены три маркера — цветные полоски. Первая (слева—направо) указывает текущий из трёх возможных цвет рисования (красный по рис. 1). Второй маркер указывает на используемый режим рисования (красный по отдельным пикселям). В этом варианте их может быть три: пиксельный, при котором курсор оставляет за собой след; отрезками, при котором между двумя выбранными положениями курсора автоматически строится отрезок; третий — режим полосы, когда за курсором тянется широкая полоса выбранного цвета. Управление производится кратковременным или продолжительными нажатиями на одну или две кнопки. Всего используется 11 комбинаций (см. рис. 4). Режимные комбинации, а их три, подразумевают кратковременные нажатия для цикличного перебора состояний выбираемых режимов. Курсорных комбинаций восемь, их можно изменять кратковременными или продолжительными нажатиями. Для стирания всего рисунка достаточно нажать на кнопку RESET на плате Arduino Uno. Для стирания отдельных пикселей, т. е. закрашивания их цветом фона (чёрный), можно ис-

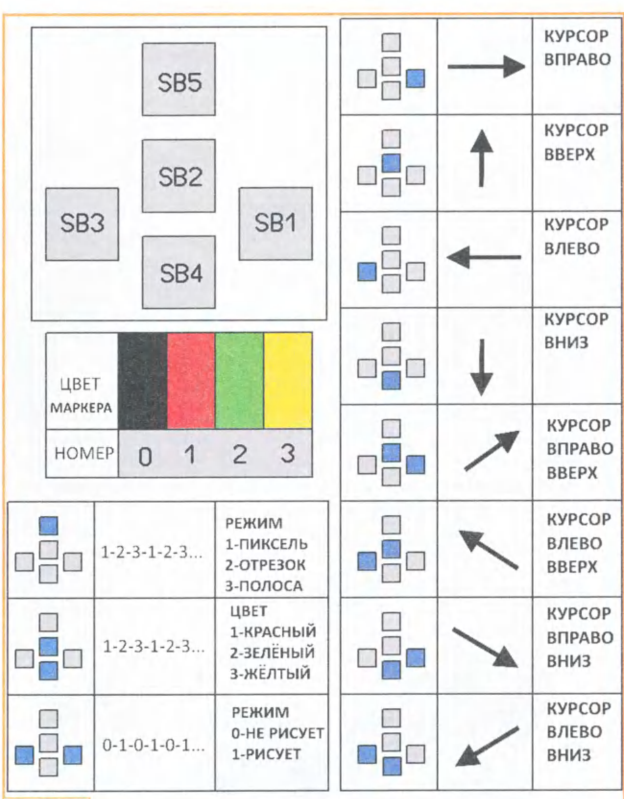


Рис. 4



Рис. 5

пользовать курсор, проходя им повторно по нарисованному в режиме "НЕ РИСУЕТ" и "ПИКСЕЛЬ". Для стирания большого числа пикселей курсор используется аналогично, но вместо режима "ПИКСЕЛЬ" выбирают режим "ПОЛОСА". Для быстрого получения навыка рисования удобно потренироваться на отдельных скетчах-режимах (сначала удобнее пользоваться только зелёным и красным цветами). В них клавиша SB5 не активна. На сайте журнала выложены три подварианта скетча. Настройка работы скетча сводится к подбору значения переменной **t** в интервале от 10 до 100, для адекватной реакции клавиш на темп работы оператора.

Примеры выполненных рисунков представлены на **рис. 5**. Приобретя навыки и ознакомившись с рекомендуемой литературой, можно модернизировать "рисовалку", предусмотрев смену палитр рисования, фигур-шаблонов, возможность сохранения рисунков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arduino Uno output to VGA monitor. — URL: **http://www.gammon.com.au/forum/?id=11608** (16.06.22).

2. VGAX Library for Arduino UNO and MEGA. — URL: **https://github.com/smaffer/vgax** (16.06.22).

3. Arduino VGA Console With Five Games. — URL: **https://www.instructables.com/VGA-Tetris-With-Arduino-Uno/** (16.06.22).

__От редакции__. На нашем FTP-сервере по адресу __http://ftp.radio.ru/pub/2022/08/ris.zip__ находятся файлы проекта.

Ответы на викторину "Arduino: программная часть-11"

("Радио", 2022, № 7, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1. Ответ — 1. К плате Arduino подключается модуль аналогового датчика тока A1, который содержит микросхему ACS712ELCTR-05B. На выходе S модуля формируется напряжение 1,5...3,5 В, прямо пропорциональное току ±5 А, через выводы IPP, IPM.

Принцип работы микросхем серии ACS712 описан в [1], там же приведена формула для выходного напряжения: V_s = 2,47 В + $I_x \cdot K$, где 2,47 В — это напряжение при нулевом токе; I_x — ток через выводы IPP и IPM; K = = 185 мВ/А — коэффициент пропорциональности. Однако в официальной документации [2] указано, что при нулевом токе выходное напряжение составляет половину напряжения питания VCC.

Другими словами, формула, указанная в [1], является частным случаем при питании устройства от источника напряжением VCC = 2,47·2 = = 4,94 В, а формула V_s = VCC/2 + $I_x \cdot K$ — это универсальный вариант для всего интервала питающих напряжений 4,5...5,5 В. Именно последнюю формулу и следует использовать в схеме с Arduino, где напряжение в цепи 5V может изменяться в широких пределах, особенно при питании от компьютера.

2. Ответ — 1. Назначение скетча — измерить амплитуду тока, протекающего через выводы IPP, IPM датчика A1. В строках 7—9 на печать выводится постоянная составляющая, а в строках 10—12 — переменная.

Зависимость измеряемого тока I_x от напряжения V_s на выходе S модуля A1 показана на **рис. 1** [2]. Напряжение V_s поступает на вход A0 Arduino, после чего оно переводится в цифровой код десятиразрядным АЦП. Единица младшего разряда кода в пересчёте на амперы рассчитывается по формуле

I_{xo}[A]=VCC[мВ]/1024/185[мВ/А]= =5000/1024/185 = 0,0264 А.

Вывод. Устройство, собранное по этой схеме, не может измерять токи с шагом меньше 26,4 мА. Следовательно, десятки миллиампер в операторе **Serial.print** в строке 8 не являются достоверными несмотря на усреднение. Реальный результат измерения — сотни миллиампер с округлением до ближайшего целого числа единиц. Чтобы повысить точность, надо переходить на платы Arduino с 12-разрядным АЦП.

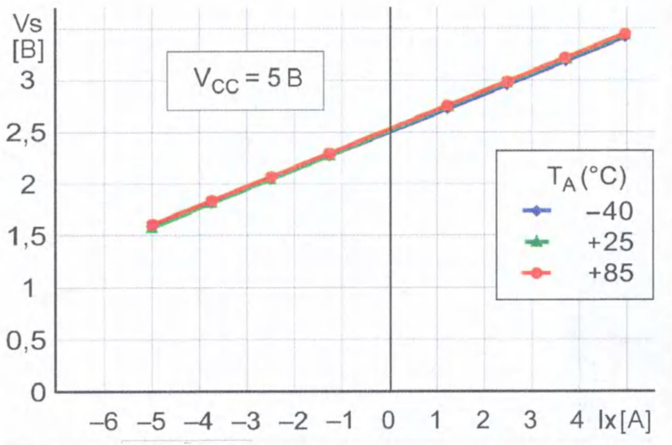


Рис. 1

3. Ответ — 1. Назначение скетча — провести калибровку датчика A1 при нулевом измеряемом токе. В строках 7—10 напряжение V_s измеряется 500 раз через канал АЦП. Далее результат усредняется для фильтрации шумов и сравнивается с центром характеристики (строка 12). Центром служат не вольты, как на рис. 1, а безразмерное число 512, равное половине отсчётов десятиразрядного АЦП. Это число всегда будет эквивалентно половине напряжения питания VCC, ведь цепи **V** модуля и **5V** Arduino соединены вместе.

Отклонение отсчётов от 512 единиц при нулевом токе возможно по разным причинам, например, из-за погрешности юстировки датчика тока на заводе, из-за температурного дрейфа и даже из-за влияния внешних магнитных полей. Последнее связано с использованием в микросхеме ACS712 датчика Холла, когда даже намагниченная отвёртка сбивает его показания на расстоянии 10...15 см от корпуса.

Отклонение отсчётов непредсказуемое. Оно может быть как в плюс, так и в минус от середины, что и является ответом на вопрос.

4. Ответ — 1. К плате Arduino подключается модуль реле A2, в котором сделана доработка — добавлена цепь R1C1. При подаче с выхода D2 Arduino лог. 1 транзистор в модуле A2 открывается, на реле поступает напряжение, контакты COM и NO замыкаются, а COM и NC размыкаются.

Конденсатор C1 в начальный момент времени представляет собой короткозамкнутую перемычку, поэтому включение реле происходит при номинальном напряжении 12 В. После того как конденсатор C1 зарядится, ток через реле снижается из-за резистора R1, что уменьшает потребляемую мощность.

Предел работоспособности реле определяется параметром $V_{drop-out}$ (**рис. 2**), который обычно составляет 10 % от номинального напряжения. Например, для реле HONGFA JQC-3FF/012-1Z напряжение включения $V_{pick-up}$ = 9 В, номинальное напряжение



Рис. 2

V_{nom} = 12 В, максимально допустимое напряжение V_{max} = 15,6 В, напряжение отключения $V_{drop-out}$ = 1,2 В.

В рассматриваемой схеме включение реле происходит штатно при напряжении 12 В, а выключение — нештатно при низком напряжении 4 В (точка "А" на рис. 2). Время выключения реле отличается от нормы, что надо учитывать, если оно критично.

5. Ответ — 0. Назначение скетча — включить реле в модуле A2 в момент совпадения логических уровней на входах D4—D7 Arduino с кодом, заданным в строке 4.

Логические уровни на входах определяются состоянием четырёх датчиков. В строках 9, 10 производится перевод их двоичных уровней 0000—1111 в десятичное число 0—15. Число 12 в переменной **cod** эквивалентно двоичному числу 1100, следовательно, на входах D6, D7 должны быть лог. 1, а на входах D4, D5 — лог. 0.

6. Ответ — 0. Назначение скетча — снятие показаний с цифровых датчиков по входам D4—D7 Arduino и пропорциональная установка времени срабатывания реле 1...16 с (строка 13).

В скетче применяется библиотека функций **Cyber Lib**, которая отличается быстрым выполнением операций, в том числе по вводу и выводу сигналов. Библиотека использует свои собственные макроопределения, например, **D2_Out** (установка порта D2 в режим выхода), **D13_Inv** (инвертирование логического уровня порта D13). Указанные макроопределения универсальные, они автоматически подстраиваются под архитектуру разных плат Arduino. Как следствие, операторы в строках 11, 12 будут нормально функционировать с платами Arduino Uno и Arduino Mega2560.

Другое дело, операторы в строках 9, 10. В них используются прямые обращения к регистрам микроконтроллера (МК) PORTD, PIND, отсутствующие в библиотеке **CyberLib**.

В плате Arduino Uno применяется МК ATmega168. Регистры PORTD, PIND относятся к выводам PD0—PD7 МК, которые в Arduino Uno соединяются с цифровыми портами D0—D7.

В плате Arduino Mega2560 применяется МК ATmega2560, в котором "ардуиновские" порты D0—D7 физически соответствуют его выводам: PE0, PE1, PE3—PE5, PH3, PH4, PG5. Следовательно, регистр PORTD в строке 9 неверно установит pull-up резисторы, а с регистра PIND в строке 10 будут считываться совершенно другие сигналы, не относящиеся к датчикам. Результат работы для Arduino Mega2560 будет ошибочным.

7. Ответ — 1. К плате Arduino подключается модуль A1, который через внешние электроды X1—X3 позволяет измерять биопотенциалы мышц человека. Строго говоря, модуль A1 с микросхемой AD8232 предназначен для снятия электрокардиограммы сердца, но в [3] его предлагается использовать нестандартно, как миограф, но только для определённого класса мышц, например, бицепсов (**рис. 3**).

Информация с миографа выводится на экран монитора через разъём

USB. Однако компьютер с сетевым питанием категорически запрещается применять в экспериментах, когда к телу человека присоединяются электроды без полной гальванической развязки. В модуле A1 такой развязки нет, поэтому нужен ноутбук, который питается от аккумулятора. Разумеется, зарядное устройство от ноутбука при этом должно быть отключено. Альтернативный вариант — подключить к Arduino модуль Bluetooth и через него передавать данные на компьютер.

8. **Ответ — 0**. Назначение скетча — проверка исправности оборудования миографа (строки 6—9), чтение аналоговой информации с порта A0 Arduino и рисование графика биопотенциалов (строка 12). Встроенный в

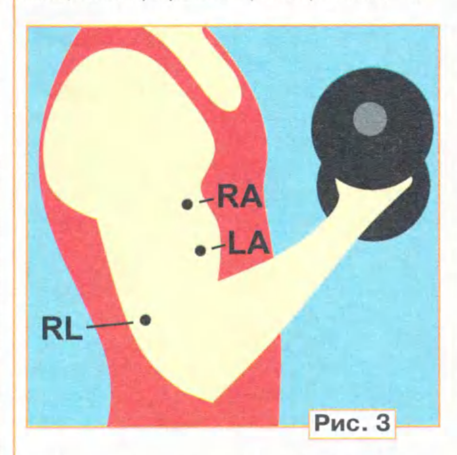


Рис. 3

плату Arduino светодиод LED включается при исправной работе (строка 11) и гаснет при аппаратной ошибке (строка 9).

Ответ на вопрос викторины можно получить методом исключения. Поскольку в строках 6, 7 используется операция "логическое ИЛИ", значит, результат действий будет одинаковым при любом варианте подключения сигналов LO–, LO+ к портам D4, D5 Arduino. Остаётся другой вариант ответа — надпись "Error!" в строке 8 появляется при обрыве контактов (плохом контакте) в электродах X1—X3, подключённых к мышце человека [3].

9. **Ответ — 0**. Назначение скетча — аналогично вопросу 8, но рисование графика производится свободно распространяемой программой **Serial Port Plotter**, которая обладает расширенным функционалом [3]. Формат печати отличается от принятого во встроенном плоттере Arduino IDE, а именно, начинаться пакет должен с символа **$** (строка 10), а заканчиваться — символом **";"** (строка 12).

Если закомментировать строки 10, 12, работать будет лишь оператор **Serial.print(analogRead(A0));** в строке 11. При этом встроенный в Arduino IDE плоттер не нарисует никакого графика, поскольку массив данных идёт сплошным потоком без разделителя чисел в виде символа "перевод строки".

Чтобы плоттер заработал, нужно применить в строке 11 оператор **Serial.println(analogRead(A0));** или заменить строки 10, 12 операторами **Serial.print("\n");**, что одно и то же.

10. **Ответ — 1**. К плате Arduino подключается светодиод HL1, конструктивно выполненный в виде "задуваемой свечи". Имеется в виду, что если на светодиод подуть как на горящую свечу, он погаснет.

За образец взята конструкция [4], но с целью повышения чувствительности в канале АЦП используется низковольтный ИОН напряжением 3,3 В. Резистор R1 защищает вывод AREF при программных ошибках, резистор R2 определяет яркость свечения светодиода HL1.

Принцип работы. Светодиод включается низким уровнем на выходе порта D9, после чего в цикле измеряется напряжение на входе A0. Оно будет зависеть от падения напряжения на светодиоде. Если на светодиод подуть, температура его p-n перехода уменьшится и напряжение изменится. Программа Arduino фиксирует порог изменения и выключает светодиод высоким уровнем порта D9.

Главным критерием при выборе светодиода служит не его цвет, а габариты. Чем они меньше, тем быстрее светодиод охлаждается (нагревается), тем динамичнее будет эффект "задувания". Лучшие результаты получаются с SMD-светодиодами типоразмера 0402 с габаритными размерами 1×0,5×0,4 мм.

11. **Ответ — 0**. Назначение скетча — включение "свечи" (строки 6, 7) и построение графика на экране монитора (строка 13) в виде суммы N-отсчётов АЦП, пропорциональных напряжению на резисторе R2 (строки 9—12). Наблюдая за графиком при "задувании свечи", можно определить числовой порог, ниже которого надо отключать светодиод. Это понадобится в рабочем (не тестовом) скетче.

Напряжение на входе A0 Arduino изменяется от температуры кристалла светодиода HL1. При включении светодиода происходит саморазогрев, температура повышается, напряжение на входе A0 становится больше. При задувании "свечи" поток воздуха охлаждает кристалл, температура и напряжение снижаются. Следовательно, переменная sum в строке 13 скетча будет меньше при "задувании свечи", т. е. при снижении температуры.

Для справки. ВАХ светодиода имеет температурную зависимость, характерную для диодов (**рис. 4**). Разница в том, что температурный коэффициент напряжения (ТКН) у кремниевых диодов составляет –2,3 мВ/К, а у светодиодов — –1,9...3,1 мВ/К, что зависит от полупроводниковых мате-

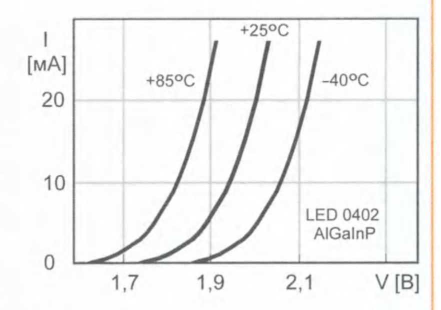


Рис. 4

риалов, применяемых при изготовлении: AlGaInP, InGaP и т. д.

12. **Ответ — 0**. Назначение скетча — изменение яркости свечения светодиода HL1 по случайному закону, подобно мерцанию настоящей свечи. Для большей достоверности рекомендуется закрыть светодиод внешним светорассеивателем.

Ответ на вопрос викторины лежит на поверхности — реальная свеча всё время светит, лишь периодически снижая яркость, следовательно, светодиод, имитирующий свечу, должен больше времени быть включённым, а не выключенным. Подтверждение догадки кроется в анализе строк 9—13 скетча. Для включённого светодиода время **delay** задаётся по случайному закону оператором **random** в интервале от 30...110 мс до 30...180 мс, а для выключенного — от 20...30 мс до 20...100 мс. Чем больше верхняя граница этого интервала, тем больше задержка времени в операторе **delay**, тем дольше светодиод находится во включённом состоянии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лазарев В.** Защита по току на микросхеме ACS712. — Радио, 2022, № 3, с. 31.

2. ACS712. Datasheet. — URL: **https://www.allegromicro.com/~/media/files/datasheets/acs712-datasheet.ashx** (05.05.22).

3. **Яценков В. С.** Здоровье, спорт и окружающая среда в проектах Arduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2020, 336 с.

4. . Светодиод, который можно задуть как свечу! — URL: **https://robototehnika.ru/content/article/svetodiod-kotoryy-mozhno-zadut-kak-svechu/** (05.05.22).

Из истории компании Texas Instruments.
Микросхемы прямого цифрового усиления PurePath™

Ю. ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ, г. Таганрог Ростовской обл.

(см. статью на с. 25)

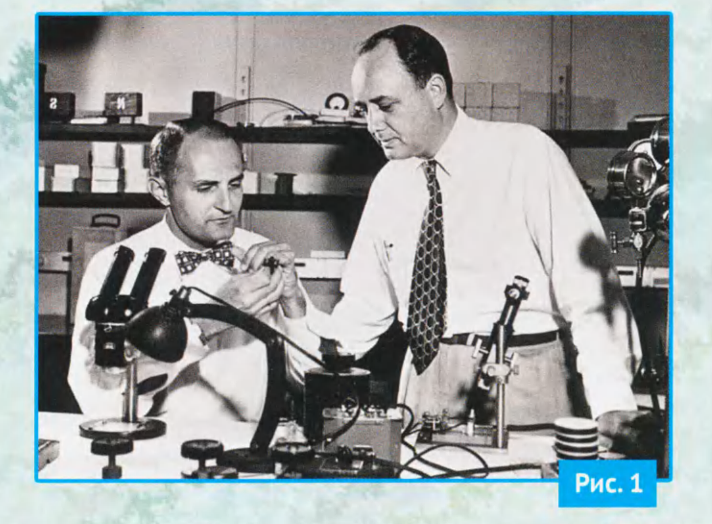


Рис. 1

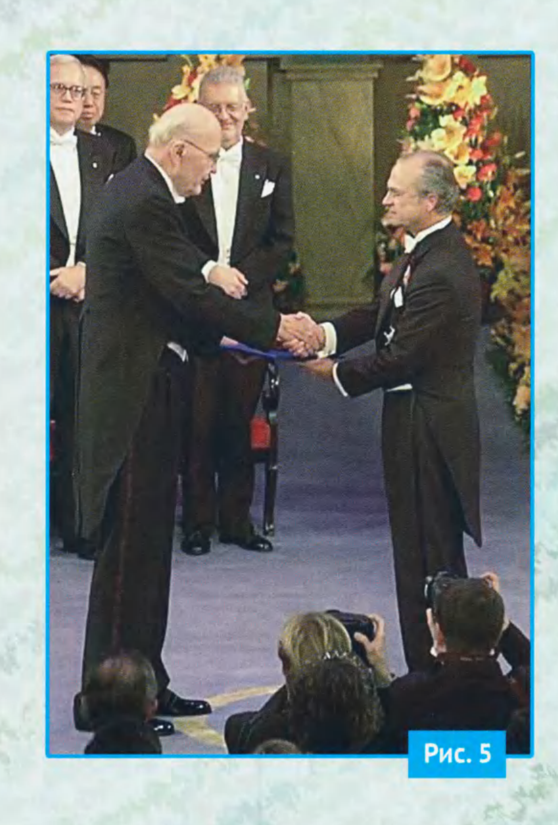


Рис. 5

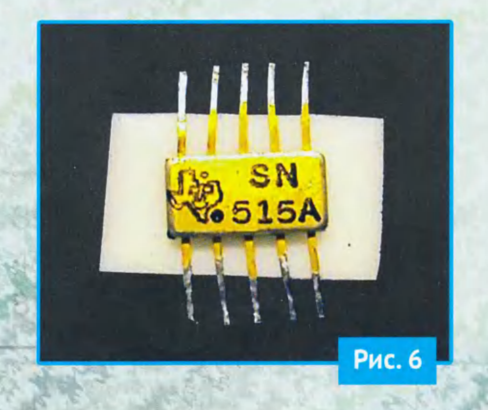


Рис. 6

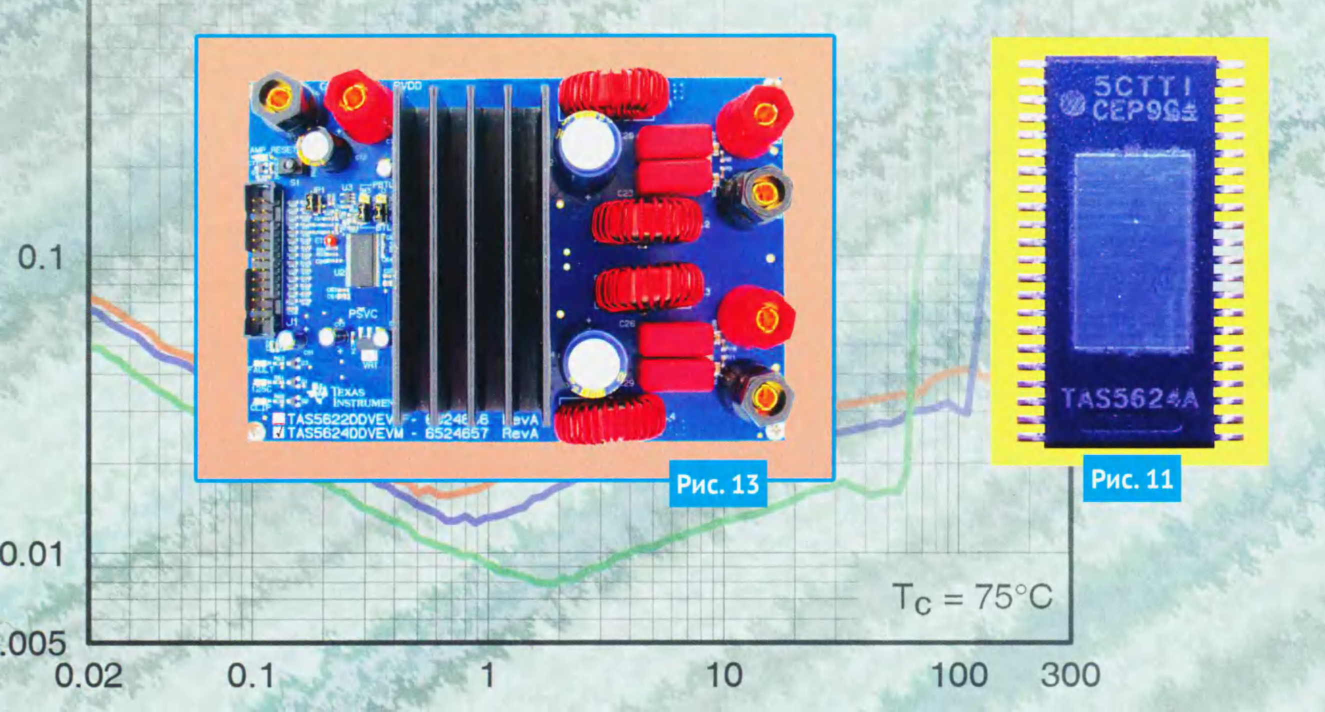


Рис. 13

Рис. 11

125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный)
факс: +7 495 789-45-97